



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09115851 A**(43) Date of publication of application: **02 . 05 . 97**

(51) Int. Cl. **H01L 21/265**
H01L 21/22
H01L 21/223
H01L 21/3065
H01L 21/329

(21) Application number: **07274234**(22) Date of filing: **23 . 10 . 95**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor:
MIZUNO BUNJI
NAKAOKA HIROAKI
TAKASE MICHIIKO
NAKAYAMA ICHIRO

(54) **METHOD AND DEVICE FOR INTRODUCING
 IMPURITY AND MANUFACTURE OF
 SEMICONDUCTOR DEVICE**

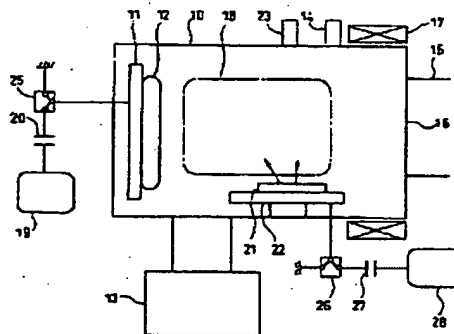
solid sample 12.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently generate an impurity, at the time of introducing inactive or reactive gas into a vacuum chamber and generating the impurity from the impurity solid, and form a high-concentration impurity layer on the surface of a solid-state sample.

SOLUTION: An impurity solid 21 which contains boron as impurity and a solid-state sample 12 to which boron is to be introduced are held in a vacuum chamber 10. Argon gas is introduced into the vacuum chamber 10, and plasma composed of the Ar gas is generated. A voltage that permits the impurity solid 21 to be the cathode for the plasma is applied to the impurity solid 21, the impurity solid 21 is sputtered by the ion in the plasma and the boron contained in the impurity solid 21 is mixed with the plasma composed of the Ar gas. A voltage that permits the solid sample 12 to be the cathode for the plasma is applied to the solid sample 12, and the boron mixed in the plasma is introduced to the surface of the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115851

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/265		H 0 1 L 21/265	F
	21/22		21/22	E
	21/223		21/223	X
	21/3065		21/302	B
	21/329		29/91	A C20-22
審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 20 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-274234

(22) 出願日 平成7年(1995)10月23日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 水野 文二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 中岡 弘明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高瀬 道彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

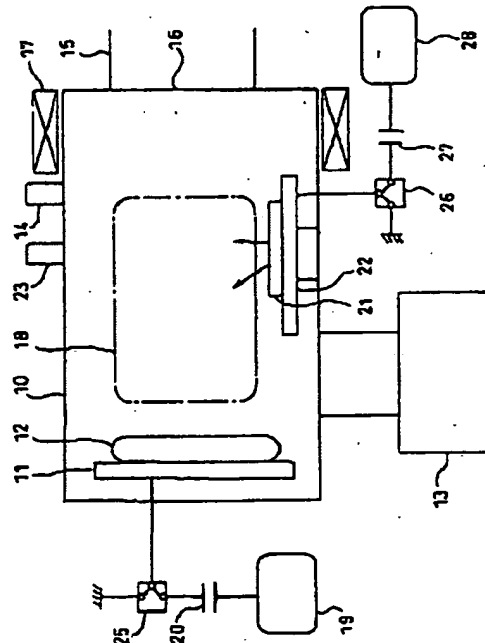
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不純物の導入方法及びその装置、並びに半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 不活性又は反応性のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、不純物を効率よく発生させて、固体試料の表面部に高濃度の不純物層を形成できるようにする。

【解決手段】 真空槽10内に、不純物としてのボロンを含む不純物固体21とボロンが導入される固体試料12とを保持する。真空槽10の内部にArガスを導入して該Arガスよりなるプラズマを発生させる。不純物固体21に該不純物固体21がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中のイオンにより不純物固体21をスペッタリングすることによって、該不純物固体21に含まれるボロンをArガスよりなるプラズマ中に混入させる。固体試料12に該固体試料12がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中に混入されたボロンを固体試料12の表面部に導入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項2】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項3】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項4】 真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段を設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と、

前記真空槽内における前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物より

なる不純物膜を堆積する工程と、

前記第1の領域と前記第2の領域とを連通させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項5】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項1、2又は4に記載の不純物の導入方法。

【請求項6】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項2又は3に記載の不純物の導入方法。

【請求項7】 前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の不純物導入方法。

【請求項8】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを

備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項9】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

3

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項10】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項11】 前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8又は9に記載の不純物の導入装置。

【請求項12】 前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8に記載の不純物の導入装置。

【請求項13】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

4

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項14】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

10 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

20 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項15】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

30 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

40 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項16】 前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、

50 前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対し

5

て陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項13又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項17】 前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有していることを特徴とする請求項13に記載の不純物の導入装置。

【請求項18】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項8、9、13又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項19】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項9、10、14又は15に記載の不純物の導入装置。

【請求項20】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項21】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

り、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反

6

応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

10 【請求項22】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

20 て、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

30 【請求項23】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

40 て、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部

7

に導入して不純物層を形成する工程と、
前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項24】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、

前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することによって、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項25】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、
前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、
前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

8

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項26】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項20、21、23又は24に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項21、22、24又は25に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項28】 前記半導体基板はシリコンよりなり、前記不純物は砒素、磷、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項20～27のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、低温領域（例えば250℃から極低温にかけての温度領域）において原子や分子よりなる不純物を半導体基板等の固体試料の表面部に導入する不純物の導入方法及びその装置並びに前記不純物の導入方法を用いる半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 不純物を固体試料の表面部に導入する技術としては、例えば、USP4912065に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】 以下、図8を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0004】 図8は、従来のプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示しており、図8において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えばシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内に所望の元素を含むドーピングガス例えばB₂H₆を供給するソースガスフィード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石であって、マイクロ波導波管15、石英板16及び電磁石17によってプラズマ発生手段が構成されている。また、図8において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11にコンデンサ20を介して接続されている高周波電源である。

【0005】 前記構造の不純物導入装置において、ソースガスフィード14から導入されたドーピングガス例えばB₂H₆はプラズマ発生手段によってプラズマ化され、該プラズマ中のボロンイオンは高周波電源19によ

って固体試料12の表面部に導入される。

【0006】このようにして不純物が導入された固体試料12の上に金属配線層を形成した後、所定の酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成し、その後、CVD装置等により固体試料12上にゲート電極を形成すると、例えばMOSトランジスタが得られる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、 B_2H_6 よりなるドーピングガスのように、シリコン基板等の固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含むガスは、一般に危険性が高いという問題がある。

【0008】また、プラズマドーピング法は、ドーピングガスに含まれている物質の全てが固体試料に導入される。 B_2H_6 よりなるドーピングガスを例にとりて説明すると、固体試料に導入されたときに有効な不純物はボロンだけであるが、水素も同時に固体試料中に導入される。水素が固体試料中に導入されると、エピタキシャル成長等、引き続き行なわれる熱処理時に固体試料において格子欠陥が生じるという問題がある。

【0009】そこで、本発明者らは、固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含む不純物固体を真空槽内に配置すると共に、該真空槽内において不活性又は反応性のガスとしての希ガスのプラズマを発生させ、該希ガスのイオンにより不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体から不純物を分離させることを考案した。

【0010】図9は、不純物を含む不純物固体を用いるプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示している。図9においては、図8に示したものと同一の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0011】この不純物導入装置の特徴は、不純物例えばボロンを含む不純物固体21を保持する固体保持台22、及び真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスフィード23を備えている。希ガスフィード23から例えば Ar ガスを真空槽10の内部に導入すると、該 Ar ガスはプラズマ発生手段によってプラズマ化され、該 Ar プラズマ中の Ar イオンによって不純物固体21からボロンがスパッタリングされる。スパッタリングされたボロンは、 Ar プラズマ中に混合されてプラズマドーピングガスとなった後、固体試料12の表面部に導入される。

【0012】ところが、前述のようにしてプラズマドーピングを行なったところ、不純物固体21から不純物が発生するが、発生する不純物の量が不十分でありスループットが良くないという課題、及び不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入することができないという課題がある。

【0013】前記に鑑み、本発明は、不活性又は反応性

のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、発生する不純物の量を多くしてスループットを向上させることを第1の目的とし、不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入できるようにすることを第2の目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記第1の目的を達成するため、請求項1の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0015】請求項1の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0016】前記第1及び第2の目的を達成するため、請求項2の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0017】請求項2の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不

純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0018】前記第2の目的を達成するため、請求項3の発明が示した解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0019】請求項3の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは小さなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0020】前記第1の目的を達成するため、請求項4の発明が示した解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段を設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と、前記真空槽内における前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物よりなる不純物膜を堆積する工程と、前記第1の領域と前記第2の領域とを遮断させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含

まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0021】請求項4の構成により、真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを遮断させた後、真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0022】請求項5の発明は、請求項1、2又は4の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0023】請求項6の発明は、請求項2又は3の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0024】請求項7の発明は、請求項1～6の構成に、前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、磷、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであるという限定を付加するものである。

【0025】請求項8の発明が示した解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0026】請求項8の構成により、第1の電圧印加手段により固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は効率

13

良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0027】請求項9の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0028】請求項9の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0029】請求項10の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0030】請求項10の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて

14

で近い領域に導入される。

【0031】請求項11の発明は、請求項8又は9の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

10 【0032】請求項12の発明は、請求項8の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0033】請求項13の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0034】請求項13の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純

物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0035】請求項14の発明が示した解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0036】請求項14の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0037】請求項15の発明が示した解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手

段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0038】請求項15の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0039】請求項16の発明は、請求項13又は14の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0040】請求項17の発明は、請求項13の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0041】請求項18の発明は、請求項8、9、13又は14の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0042】請求項19の発明は、請求項9、10、14又は15の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0043】請求項20の発明が示した解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性

17

又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0044】請求項20の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0045】請求項21の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0046】請求項21の構成により、請求項2と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0047】請求項22の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電

18

圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0048】請求項22の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が低濃度に導入される。

【0049】請求項23の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えている構成とするものである。

【0050】請求項23の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0051】請求項24の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性

又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程

19

と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することによって、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0052】請求項24の構成により、請求項2と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0053】請求項25の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0054】請求項25の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が低濃度に導入される。

【0055】請求項26の発明は、請求項20、21、23又は24の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0056】請求項27の発明が講じた解決手段は、請求項21、22、24又は25の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は0V以下の電圧である

20

という構成を付加するものである。

【0057】請求項28の発明は、請求項20～27の構成に、前記半導体基板はシリコンよりなり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであるという構成を付加するものである。

【0058】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置について図1を参照しながら説明する。

【0059】図1において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えばシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台であって、該試料保持台11は固体試料12を所定の温度に保つ温度制御手段を内蔵している。また、図1において、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内にドーピングガスを供給するソースガスフィード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石であって、マイクロ波導波管15、石英板16及び電磁石17によってプラズマ発生手段としてのECRプラズマ発生手段が構成されている。減圧ポンプ13としてはターボ分子ポンプと所謂ドライポンプとを組み合わせ用いる。また、図1において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11に第1のコンデンサ20を介して接続されている第1の高周波電源、21は不純物元素例えばボロンを含む不純物固体、22は不純物固体21を保持する固体保持台、23は真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスフィードである。

【0060】第1の実施形態の特徴として、試料保持台11には第1の切替スイッチ25が接続されており、該第1の切替スイッチ25は、試料保持台11を第1のコンデンサ20を介して第1の高周波電源19に接続して試料保持台11をプラズマに対して陰極にしたり、試料保持台11を接地して試料保持台11をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0061】また、第1の実施形態の特徴として、固体保持台22には第2の切替スイッチ26が接続されており、該第2の切替スイッチ26は、固体保持台22を第2のコンデンサ27を介して第2の高周波電源28に接続して固体保持台22をプラズマに対して陰極にしたり、固体保持台22を接地して固体保持台22をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0062】以下、第1の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第1の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に固体保持台22をプラズマに対して陽極にする

場合である。

【0063】まず、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-1} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウエーハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。

【0064】この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 2.5 mA/cm^2 のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0065】次に、第1の切替スイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコンデンサ20を介して試料保持台11に印加して試料保持台11を陰極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に大きな電位差例えば700Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0066】Arプラズマ中に均一かつ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の電位差（この場合は約700Vである）によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0067】固体試料12の表面部近傍にボロンを導入する時間については、固体試料12をプラズマに対して陰極にしなかった場合には100秒程度を要するのに対して、第1の不純物導入方法によると固体試料12をプラズマに対して陰極にしたので2秒程度で済む。

【0068】図2は、固体試料12における深さとボロン濃度との関係をSIMSによって測定した結果を示しており、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入され

ていることが確認できた。

【0069】以下、第2の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第2の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に固体保持台22をプラズマに対して陰極にする場合である。

【0070】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-1} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウエーハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 2.5 mA/cm^2 のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0071】次に、第1の切替スイッチ25を操作して試料保持台11を接地して試料保持台11を陽極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば50Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0072】Arプラズマ中に均一かつ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約50Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、高濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層が形成される。

【0073】以下、第3の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第3の不純物導入方法は、第

23

1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陽極にすると共に固体保持台22もプラズマに対して陽極にする場合である。

【0074】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-3} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウェハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度にする。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm²のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0075】次に、第1の切替スイッチ25を操作して試料保持台11を接地し試料保持台11を陰極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば50Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して固体保持台22を接地し固体保持台22を陽極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陽極として作用し、固体保持台22とArプラズマとの間の電位差が小さいので、Arプラズマ中のArイオンは不純物固体21に小さいエネルギーで衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に低濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torrと低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0076】Arプラズマ中に均一且つ低濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約50Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、低濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層が形成される。

【0077】尚、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なう第1～第3の不純物導入方法においては、真空槽10内にドーピングガスを供給するソースガスフィード14は用いない。

【0078】また、プラズマ発生手段としては2.45GHzのマイクロ波を導波するECRプラズマ発生手段を用いたが、これに限られるものではなく、ICPやヘリコン等の他のプラズマ発生手段を用いてもよい。ま

24

た、試料保持台11及び固体保持台22には13.56MHzの高周波電力を印加したが、高周波電力の周波数もこれに限られるものではない。また、試料保持台11に印加される高周波電力の周波数と、固体保持台22に印加される高周波電力の周波数とは同じでも異なってもよく、周波数が同じ場合には、第1の高周波電源19と第2の高周波電源28とを共通にしてもよい。さらに、真空槽10に導入する希ガスやソースガスの流量及び真空槽10の真空度については、真空槽10の形状や大きさにより最適なものに設定することは当然である。

【0079】以下、本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置について図3を参照しながら説明する。

【0080】第2の実施形態に係る不純物導入装置は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を基本的に同種であるので、同一の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0081】第2の実施形態に係る不純物導入装置の特徴として、不純物固体を保持する固体保持台22は設けられておらず、代わりに、金属又は絶縁物よりなり不純物が付着する不純物付着台30が設けられており、該不純物付着台30上には、後述する方法により、例えばボロンよりなる不純物膜31が堆積する。不純物付着台30には第2の切替スイッチ26が接続されており、該第2の切替スイッチ26は、不純物付着台30を第2のコンデンサ27を介して第2の高周波電源28に接続して不純物付着台30を陰極にしたり、不純物付着台30を接地して不純物付着台30を陽極にしたりすることができる。また、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18との間には、両者間を遮断させたり遮断したりするシャッター32が設けられている。尚、図3においては、図示の都合上、シャッター32は破線によって示している。

【0082】以下、第4の不純物導入方法について図3を参照しながら説明する。第4の不純物導入方法は、第2の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に不純物保持台30もプラズマに対して陰極にする場合である。

【0083】まず、シャッター32を閉じて試料保持台11とプラズマ領域18の間を遮断した状態で、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-3} Torrの真空度にする。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。

【0084】次に、ソースガスフィード14から不純物を含むガス、例えばディボランB₂H₆を真空槽10内に毎分50cc供給すると共に、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm²のプラ

ラズマ電流密度を発生させる。このようにすると、B₂H₆がプラズマ化し、ボロンイオンが不純物付着台30に向かって進み、不純物付着台30にボロンよりなる不純物膜31が堆積する。

【0085】尚、前記の場合、B₂H₆よりなるプラズマを発生させたので、より低温で且つ高い効率で不純物膜31が形成されるが、B₂H₆よりなるプラズマを発生させなくても、ソースガスフィード14からB₂H₆を真空槽10内に供給すると、通常のCVD法と同様に、不純物付着台30にボロンよりなる不純物膜31を堆積することができる。

【0086】次に、真空槽10内の水素を含むガスを排出した後、シャッター32を開けて試料保持台11とプラズマ領域18との間を連通する。その後、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つと共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。

【0087】この状態で、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いる第1の不純物導入方法と同様に、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm²のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。次に、第1の切替えスイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコンデンサ20を介して不純物付着台30に印加して不純物付着台30を陰極にすると共に、第2の切替えスイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して不純物付着台30に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、不純物付着台30はプラズマに対して陰極として作用し、不純物付着台30はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物膜31に激しく衝突し、不純物膜31に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。Arプラズマ中に均一且つ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の約700Vの電位差によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0088】前記の不純物導入方法によると、図2に示した結果と同様、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0089】また、この不純物導入方法によると、B₂H₆を用いて直接にドーピングする場合に比べて、固体試料12に導入される水素が少ないので、固体試料において格子欠陥が生じるという問題を回避できる。

【0090】以下、前述した各不純物導入方法を用いて

行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法について図4及び図5を参照しながら説明する。

【0091】まず、図4(a)に示すように、半導体基板50上の所定領域に窒素分離層51を形成した後、半導体基板50を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させる。

【0092】次に、前述した第1又は第4の不純物導入方法により、半導体基板50の近傍に、不純物よりなるプラズマ52を発生させ、図4(b)に示すように、半導体基板50の表面部近傍に不純物層53を形成する。

【0093】次に、図5(a)に示すように、半導体基板50の上に全面に亘って例えばCVD法によるシリコン酸化膜等よりなる絶縁膜54を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、適当な熱処理、例えば1000℃の温度下における10秒間の熱処理を行なって不純物層53の不純物分布を制御してもよい。

【0094】次に、図5(b)に示すように、フォトリソグラフィ法及びエッチング法を用いて絶縁膜54に開口部54aを形成した後、単層又は多層の金属膜を全面に堆積し、その後、該金属膜に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施してパターニングして前記金属膜よりなる金属配線層55を形成する。

【0095】尚、前記のダイオードを有する半導体装置の製造方法においては、第1又は第4の不純物導入方法を用いたので、半導体基板50の表面部近傍に比較的深く且つ高濃度の不純物層53を形成することができるが、第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に浅く且つ高濃度の不純物層53を形成することができ、第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に浅く且つ低濃度の不純物層53を形成することができる。このようにして形成した不純物層を積み重ねる等の手法で、所謂バイポーラ素子を作成できることが可能であることは言うまでもない。

【0096】以下、前述した第1又は第4の不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法について図6及び図7を参照しながら説明する。

尚、以下においては、便宜上第1の不純物導入方法を用いる場合について説明する。

【0097】まず、図6(a)に示すように、半導体基板60上におけるPMOS領域とNMOS領域との間に窒素分離領域61を形成した後、PMOS領域及びNMOS領域にそれぞれゲート絶縁膜62及びゲート電極63を形成し、その後、PMOS領域に開口部を有しノラック樹脂やポリビニールフェノール等よりなる第1のレジストパターン64を形成する。

【0098】この状態で、半導体基板60を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させた後、第1の不純物導入方法を用いて、P型の不純物例えばボロンを導入する。すなわち、固体

保持台22の上にボロンを主成分とする不純物固体21を載置した後、希ガスフィード14から不活性ガス、例えばArガスを導入して、Arプラズマ65を発生させ、ボロンを半導体基板60の表面部に導入する。この場合の条件は、周波数が2.45GHzのマイクロ波を約500Wのパワーで導波すると共に、試料保持台11及び固体保持台22にそれぞれ周波数が13.56MHzでパワーが約300Wの高周波電力を印加する。また、Arガスを導入した際の真空槽10内の真空度は約 3×10^{-4} Torrに保った。プラズマの照射によって、半導体基板60の表面の自然酸化膜が除去されて清浄且つ活性な表面部が露出し、該表面部にボロンの不純物層66が形成された。

【0099】次に、図6(b)に示すように、第1のフォトリソスト64を除去した後、NMOS領域に開口部を有する第2のレジストパターン67を形成し、固体保持台22の上にN型の不純物例えば砒素を主成分とする不純物固体21を載置した後、前記と同様の条件で半導体基板60の表面部のNMOS領域に砒素の不純物層68を形成する。

【0100】次に、図7(a)に示すように、半導体基板60の上に全面に亘ってCVD酸化膜等よりなる絶縁膜70を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、半導体基板60に対して適当な熱処理、例えば1000℃の温度下における10秒間の熱処を行なって不純物層66、68の不純物分布を制御してもよい。次に、絶縁膜70に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施して、絶縁膜70に開口部70aを形成する。

【0101】次に、図7(b)に示すように、単層又は多層の金属膜を全面に亘って堆積した後、該金属膜に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施して金属膜をパターン化して金属配線層72を形成する。

【0102】尚、絶縁膜70の開口部70aにおける不純物層66、68と金属配線層72との電気的コンタクトを良好に保つため、コンタクト部を構成する不純物層66、68には、所謂イオン注入法を用いて適当な不純物分布を形成してもよい。この場合には、PMOS領域には例えばボロンをエネルギー15keVでドーズ量 $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ でイオン注入し、NMOS領域には例えば砒素をエネルギー30keVでドーズ量 $3 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ でイオン注入することができる。もともと、これらの注入条件は、作製する半導体装置の設計によって大幅に異なるので、適切な設定が必要なのはいうまでもない。

【0103】尚、前記のCMOSを有する半導体装置の製造方法においては、第1の不純物導入方法を用いたので、半導体基板60の表面部近傍に比較的深く且つ高濃度の不純物層66、68を形成することができるが、第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に深く且つ高濃度の不純物層66、68を形成

することができ、また、第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に深く且つ低濃度の不純物層66、68を形成することができる。

【0104】尚、前記の各不純物導入方法及び各半導体装置の製造方法においては、不純物としてはボロンを導入したが、導入する不純物はボロンに限られず、砒素、磷、アルミニウム又はアンチモン等を導入することができ、また、不活性又は反応性のガスとしてArガスを用いたが、不活性又は反応性のガスとしてはArガスに限られず、窒素ガス等を用いることができる。

【0105】

【発明の効果】請求項1の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0106】請求項2の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0107】請求項3の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入され、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成することができる。

【0108】請求項4の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物付着手段に堆積された不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成することができる。

【0109】請求項8の発明に係る不純物の導入装置に

よると、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項1の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0110】請求項9の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項2の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0111】請求項10の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成する請求項3の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0112】請求項11の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物固体に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【0113】請求項12の発明に係る不純物の導入装置によつて、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【0114】請求項13の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0115】請求項14の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0116】請求項15の発明に係る不純物の導入装置によつて、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく低濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0117】請求項16の発明に係る不純物の導入装置によつて、不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物膜に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【0118】請求項17の発明に係る不純物の導入装置によつて、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【0119】請求項20の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0120】請求項21の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0121】請求項22の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0122】請求項23の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0123】請求項24の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0124】請求項25の発明に係る半導体装置の製造方法によつて、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図2】本発明に係る第1の不純物導入方法により形成

31

した固体試料における深さとボロン濃度との関係をSIMSによって測定した結果を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図4】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図5】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図6】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図7】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

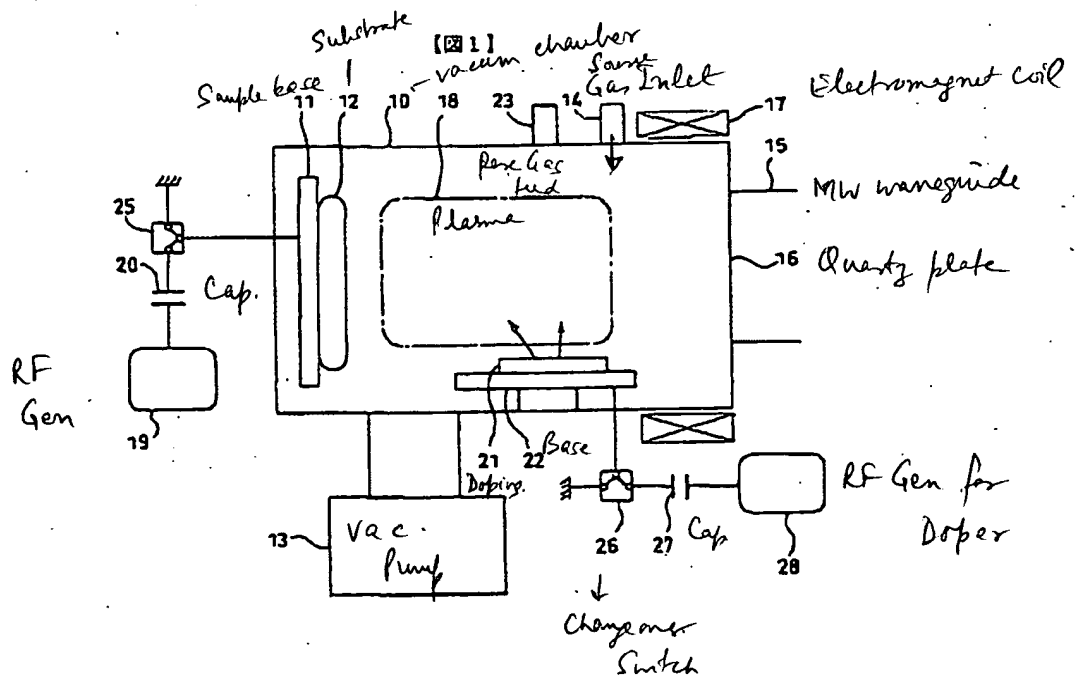
【図8】従来の不純物導入装置の概略図である。

【図9】本発明の前提となる不純物導入装置の概略図である。

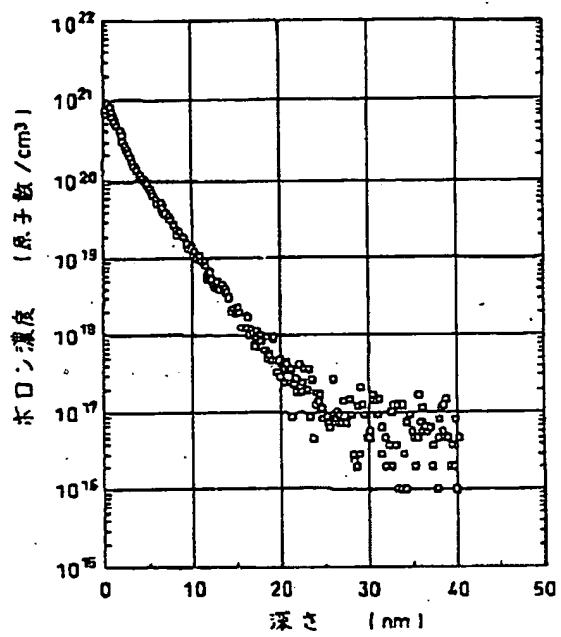
【符号の説明】

- 10 真空槽
- 11 試料保持台
- 12 試料保持台
- 13 減圧ポンプ
- 14 ソースガスフィード
- 15 マイクロ波導波管
- 16 石英板
- 17 電磁石
- 18 プラズマ領域
- 19 第1のコンデンサ

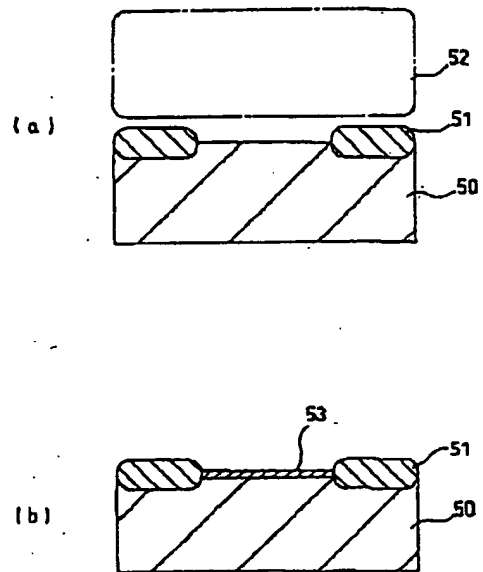
- 20 第1の高周波電源
- 21 不純物固体
- 22 固体保持台
- 23 希ガスフィード
- 25 第1の切替スイッチ
- 26 第2の切替スイッチ
- 27 第2のコンデンサ
- 28 第2の高周波電源
- 30 不純物付着台
- 31 不純物膜
- 32 シャッター
- 50 半導体基板
- 51 素子分離層
- 52 プラズマ
- 53 不純物層
- 54 絶縁膜
- 54a 開口部
- 55 金属配線層
- 60 半導体基板
- 61 素子分離領域
- 62 ゲート絶縁膜
- 63 ゲート電極
- 64 第1のレジストパターン
- 65 Arプラズマ
- 66 不純物層
- 67 第2のレジストパターン
- 68 不純物層
- 70 絶縁膜
- 70a 開口部
- 72 金属配線層



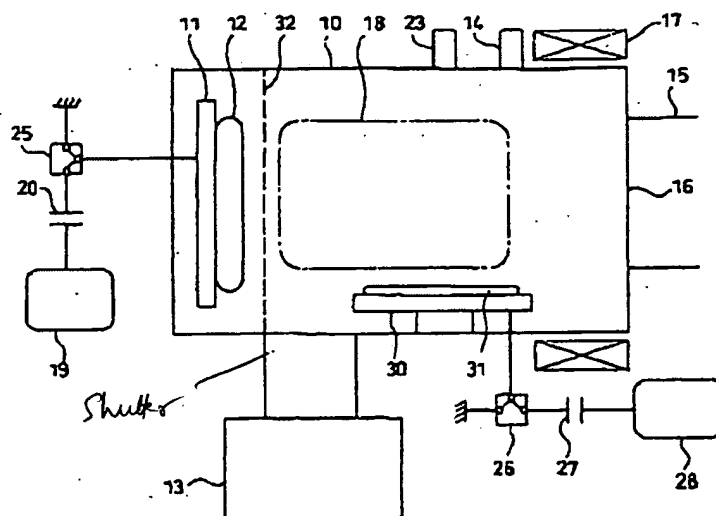
【図2】



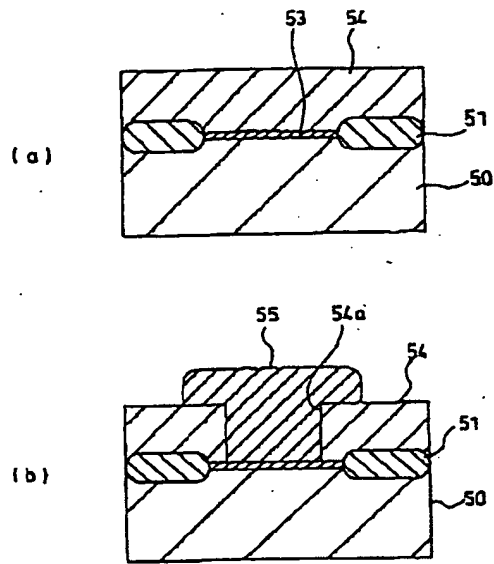
【図4】



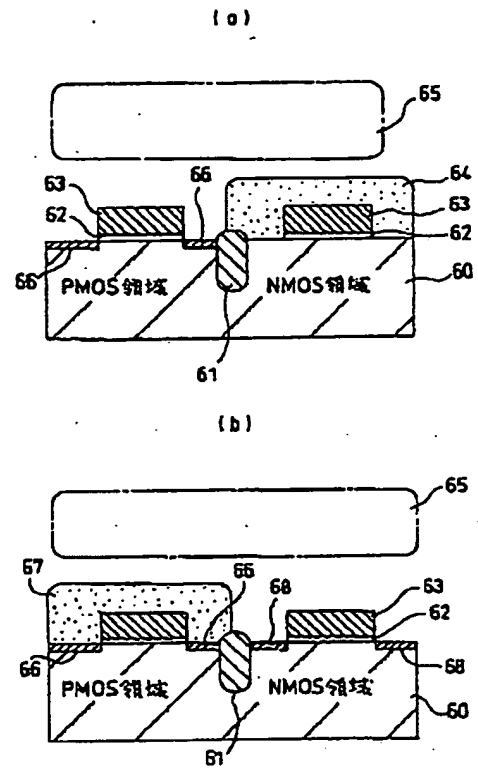
【図3】



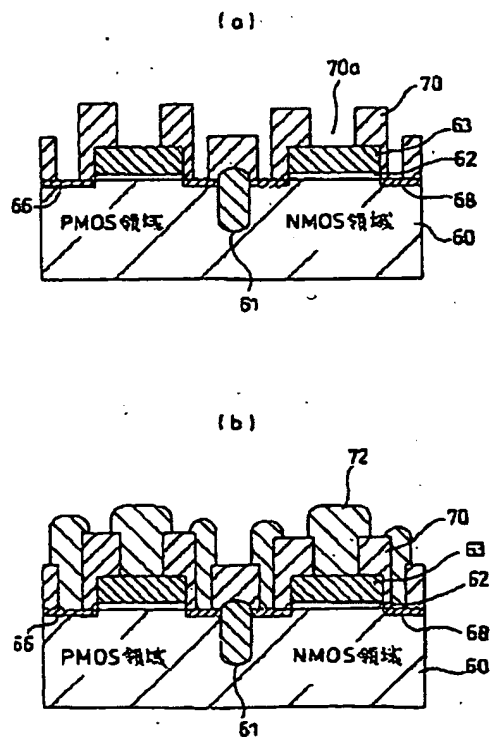
【図5】



【図6】

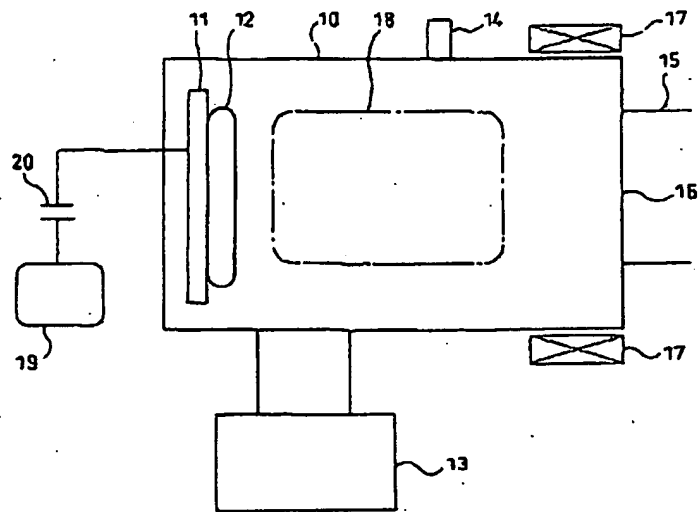


【図7】

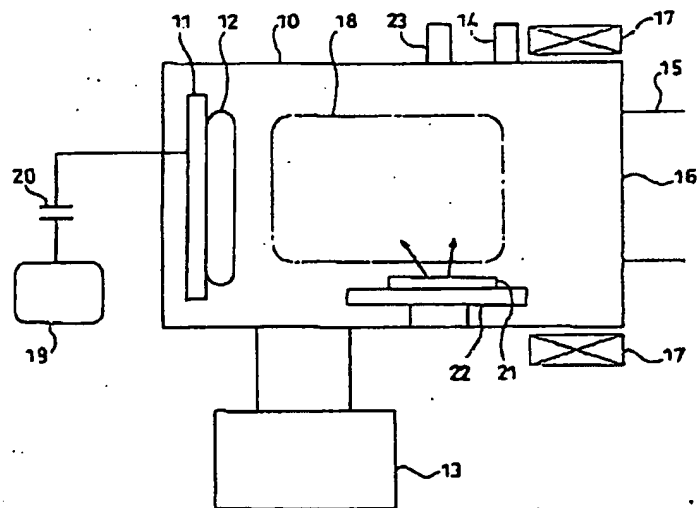


【図8】

Prior Art



【図9】



フロントページの続き

(72) 発明者 中山 一郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

PAT-NO: JP409115851A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09115851 A

TITLE: METHOD AND DEVICE FOR INTRODUCING IMPURITY AND
MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: May 2, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MIZUNO, BUNJI

NAKAOKA, HIROAKI

TAKASE, MICHIIKO

NAKAYAMA, ICHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP07274234

APPL-DATE: October 23, 1995

INT-CL (IPC): H01L021/265, H01L021/22 , H01L021/223 , H01L021/3065
, H01L021/329

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently generate an impurity, at the time of introducing inactive or reactive gas into a vacuum chamber and generating the impurity from the impurity solid, and form a high-concentration impurity layer on the surface of a solid-state sample.

SOLUTION: An impurity solid 21 which contains boron as impurity and a solid-state sample 12 to which boron is to be introduced are held in a vacuum chamber 10. Argon gas is introduced into the vacuum chamber 10, and plasma composed of the Ar gas is generated. A voltage that permits the impurity solid 21 to be the cathode for the plasma is applied to the impurity solid 21, the impurity solid 21 is sputtered by the ion in the plasma and the boron contained in the impurity solid 21 is mixed with the plasma composed of the Ar gas. A voltage that permits the solid sample 12 to be the cathode for the plasma is applied to the solid sample 12, and the boron mixed in the plasma is introduced

to the surface of the solid sample 12.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115851

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/265		H 0 1 L 21/265	F
	21/22		21/22	E
	21/223		21/223	X
	21/3065		21/302	B
	21/329		29/91	A C20-22
審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 20 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-274234

(22) 出願日 平成7年(1995)10月23日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 水野 文二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 中岡 弘明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高瀬 道彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

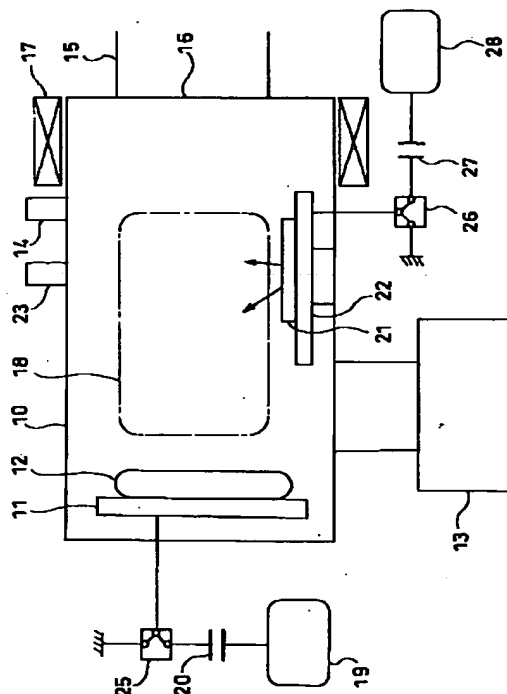
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不純物の導入方法及びその装置、並びに半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 不活性又は反応性のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、不純物を効率良く発生させて、固体試料の表面部に高濃度の不純物層を形成できるようにする。

【解決手段】 真空槽10内に、不純物としてのボロンを含む不純物固体21とボロンが導入される固体試料12とを保持する。真空槽10の内部にArガスを導入して該Arガスよりなるプラズマを発生させる。不純物固体21に該不純物固体21がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中のイオンにより不純物固体21をスパッタリングすることによって、該不純物固体21に含まれるボロンをArガスよりなるプラズマ中に混入させる。固体試料12に該固体試料12がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中に混入されたボロンを固体試料12の表面部に導入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項2】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項3】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項4】 真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段を設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と、

前記真空槽内における前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物より

なる不純物膜を堆積する工程と、

前記第1の領域と前記第2の領域とを連通させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項5】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項1、2又は4に記載の不純物の導入方法。

【請求項6】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項2又は3に記載の不純物の導入方法。

【請求項7】 前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の不純物導入方法。

【請求項8】 内部が真空に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項9】 内部が真空に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

10

30

40

50

3

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項10】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項11】 前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8又は9に記載の不純物の導入装置。

【請求項12】 前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8に記載の不純物の導入装置。

【請求項13】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

4

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項14】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

10 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

20 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項15】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

30 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

40 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項16】 前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、

50 前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対し

て陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項13又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項17】 前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有していることを特徴とする請求項13に記載の不純物の導入装置。

【請求項18】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項8、9、13又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項19】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項9、10、14又は15に記載の不純物の導入装置。

【請求項20】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項21】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反

応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

10 【請求項22】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオン

20 により前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

30 【請求項23】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部

に導入して不純物層を形成する工程と、
前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項24】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、

前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することによって、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項25】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、
前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項26】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項20、21、23又は24に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項21、22、24又は25に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項28】 前記半導体基板はシリコンよりなり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項20～27のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低温領域（例えば250℃から極低温にかけての温度領域）において原子や分子よりなる不純物を半導体基板等の固体試料の表面部に導入する不純物の導入方法及びその装置並びに前記不純物の導入方法を用いる半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】不純物を固体試料の表面部に導入する技術としては、例えば、USP4912065に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】以下、図8を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0004】図8は、従来のプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示しており、図8において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えばシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内に所望の元素を含むドーピングガス例えばB₂H₆を供給するソースガスフィード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石であって、マイクロ波導波管15、石英板16及び電磁石17によってプラズマ発生手段が構成されている。また、図8において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11にコンデンサ20を介して接続されている高周波電源である。

【0005】前記構造の不純物導入装置において、ソースガスフィード14から導入されたドーピングガス例えばB₂H₆はプラズマ発生手段によってプラズマ化され、該プラズマ中のボロンイオンは高周波電源19によ

って固体試料12の表面部に導入される。

【0006】このようにして不純物が導入された固体試料12の上に金属配線層を形成した後、所定の酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成し、その後、CVD装置等により固体試料12上にゲート電極を形成すると、例えばMOSTランジスタが得られる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、 B_2H_6 よりなるドーピングガスのように、シリコン基板等の固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含むガスは、一般に危険性が高いという問題がある。

【0008】また、プラズマドーピング法は、ドーピングガスに含まれている物質の全てが固体試料に導入される。 B_2H_6 よりなるドーピングガスを例にとりて説明すると、固体試料に導入されたときに有効な不純物はボロンだけであるが、水素も同時に固体試料中に導入される。水素が固体試料中に導入されると、エピタキシャル成長等、引き続き行なわれる熱処理時に固体試料において格子欠陥が生じるという問題がある。

【0009】そこで、本件発明者らは、固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含む不純物固体を真空槽内に配置すると共に、該真空槽内において不活性又は反応性のガスとしての希ガスのプラズマを発生させ、該希ガスのイオンにより不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体から不純物を分離させることを考慮した。

【0010】図9は、不純物を含む不純物固体を用いるプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示している。図9においては、図8に示したものと同一の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0011】この不純物導入装置の特徴は、不純物例えばボロンを含む不純物固体21を保持する固体保持台22、及び真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスフィード23を備えている。希ガスフィード23から例えばArガスを真空槽10の内部に導入すると、該Arガスはプラズマ発生手段によってプラズマ化され、該Arプラズマ中のArイオンによって不純物固体21からボロンがスパッタリングされる。スパッタリングされたボロンは、Arプラズマ中に混合されてプラズマドーピングガスとなった後、固体試料12の表面部に導入される。

【0012】ところが、前述のようにしてプラズマドーピングを行なったところ、不純物固体21から不純物が発生するが、発生する不純物の量が不十分でありスループットが良くないという課題、及び不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入することができないという課題がある。

【0013】前記に鑑み、本発明は、不活性又は反応性

のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、発生する不純物の量を多くしてスループットを向上させることを第1の目的とし、不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入できるようにすることを第2の目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記第1の目的を達成するため、請求項1の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0015】請求項1の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0016】前記第1及び第2の目的を達成するため、請求項2の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0017】請求項2の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不

11

純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0018】前記第2の目的を達成するため、請求項3の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0019】請求項3の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは小さなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0020】前記第1の目的を達成するため、請求項4の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段を設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と、前記真空槽内における前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物よりなる不純物膜を堆積する工程と、前記第1の領域と前記第2の領域とを連通させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含

12

まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0021】請求項4の構成により、真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0022】請求項5の発明は、請求項1、2又は4の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0023】請求項6の発明は、請求項2又は3の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0024】請求項7の発明は、請求項1～6の構成に、前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであるという限定を付加するものである。

【0025】請求項8の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0026】請求項8の構成により、第1の電圧印加手段により固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は効率

良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0027】請求項9の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0028】請求項9の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0029】請求項10の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0030】請求項10の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて

て近い領域に導入される。

【0031】請求項11の発明は、請求項8又は9の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

10 【0032】請求項12の発明は、請求項8の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0033】請求項13の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0034】請求項13の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純

物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0035】請求項14の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0036】請求項14の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0037】請求項15の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手

段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0038】請求項15の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0039】請求項16の発明は、請求項13又は14の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0040】請求項17の発明は、請求項13の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0041】請求項18の発明は、請求項8、9、13又は14の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0042】請求項19の発明は、請求項9、10、14又は15の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0043】請求項20の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性

17

又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0044】請求項20の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0045】請求項21の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0046】請求項21の構成により、請求項2と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0047】請求項22の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電

18

圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0048】請求項22の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が低濃度に導入される。

【0049】請求項23の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えている構成とするものである。

【0050】請求項23の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0051】請求項24の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程

と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することによって、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0052】請求項24の構成により、請求項2と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0053】請求項25の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0054】請求項25の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が低濃度に導入される。

【0055】請求項26の発明は、請求項20、21、23又は24の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0056】請求項27の発明が講じた解決手段は、請求項21、22、24又は25の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧である

という構成を付加するものである。

【0057】請求項28の発明は、請求項20～27の構成に、前記半導体基板はシリコンよりなり、前記不純物は砒素、燐、ボロン、アルミニウム又はアンチモンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであるという構成を付加するものである。

【0058】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置について図1を参照しながら説明する。

【0059】図1において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えばシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台であって、該試料保持台11は固体試料12を所定の温度に保つ温度制御手段を内蔵している。また、図1において、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内にドーピングガスを供給するソースガスフィード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石であって、マイクロ波導波管15、石英板16及び電磁石17によってプラズマ発生手段としてのECRプラズマ発生手段が構成されている。減圧ポンプ13としてはターボ分子ポンプと所謂ドライポンプとを組み合わせて用いる。また、図1において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11に第1のコンデンサ20を介して接続されている第1の高周波電源、21は不純物元素例えばボロンを含む不純物固体、22は不純物固体21を保持する固体保持台、23は真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスフィードである。

【0060】第1の実施形態の特徴として、試料保持台11には第1の切替えスイッチ25が接続されており、該第1の切替えスイッチ25は、試料保持台11を第1のコンデンサ20を介して第1の高周波電源19に接続して試料保持台11をプラズマに対して陰極にしたり、試料保持台11を接地して試料保持台11をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0061】また、第1の実施形態の特徴として、固体保持台22には第2の切替えスイッチ26が接続されており、該第2の切替えスイッチ26は、固体保持台22を第2のコンデンサ27を介して第2の高周波電源28に接続して固体保持台22をプラズマに対して陰極にしたり、固体保持台22を接地して固体保持台22をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0062】以下、第1の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第1の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に固体保持台22をプラズマに対して陰極にする

場合である。

【0063】まず、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-7} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウエーハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。

【0064】この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 2.5 mA/cm^2 のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0065】次に、第1の切替えスイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコンデンサ20を介して試料保持台11に印加して試料保持台11を陰極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に大きな電位差例えば700Vを生じさせる。また、第2の切替えスイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0066】Arプラズマ中に均一かつ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の電位差（この場合は約700Vである）によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0067】固体試料12の表面部近傍にボロンを導入する時間については、固体試料12をプラズマに対して陰極にしなかった場合には100秒程度を要するのに対して、第1の不純物導入方法によると固体試料12をプラズマに対して陰極にしたので2秒程度で済む。

【0068】図2は、固体試料12における深さとボロン濃度との関係をSIMSによって測定した結果を示しており、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入され

ていることが確認できた。

【0069】以下、第2の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第2の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陽極にすると共に固体保持台22をプラズマに対して陰極にする場合である。

【0070】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-7} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウエーハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 2.5 mA/cm^2 のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0071】次に、第1の切替えスイッチ25を操作して試料保持台11を接地して試料保持台11を陽極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば50Vを生じさせる。また、第2の切替えスイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0072】Arプラズマ中に均一かつ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約50Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、高濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層が形成される。

【0073】以下、第3の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第3の不純物導入方法は、第

1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陽極にすると共に固体保持台22もプラズマに対して陽極にする場合である。

【0074】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-7} Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウエーハを用い、不純物固体18としてはボロンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。この状態で、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm²のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0075】次に、第1の切替えスイッチ25を操作して試料保持台11を接地し試料保持台11を陽極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば50Vを生じさせる。また、第2の切替えスイッチ26を操作して固体保持台22を接地し固体保持台22を陽極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陽極として作用し、固体保持台22とArプラズマとの間の電位差が小さいので、Arプラズマ中のArイオンは不純物固体21に小さいエネルギーで衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に低濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を 1×10^{-4} Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0076】Arプラズマ中に均一かつ低濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約50Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、低濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層が形成される。

【0077】尚、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なう第1～第3の不純物導入方法においては、真空槽10内にドーピングガスを供給するソースガスフィード14は用いない。

【0078】また、プラズマ発生手段としては2.45GHzのマイクロ波を導波するECRプラズマ発生手段を用いたが、これに限られるものではなく、ICPやヘリコン等の他のプラズマ発生手段を用いてもよい。ま

た、試料保持台11及び固体保持台22には13.56MHzの高周波電力を印加したが、高周波電力の周波数もこれに限られるものではない。また、試料保持台11に印加される高周波電力の周波数と、固体保持台22に印加される高周波電力の周波数とは同じでも異なってもよく、周波数が同じ場合には、第1の高周波電源19と第2の高周波電源28とを共通にしてもよい。さらに、真空槽10に導入する希ガスやソースガスの流量及び真空槽10の真空度については、真空槽10の形状や大きさにより最適なものに設定することは当然である。

【0079】以下、本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置について図3を参照しながら説明する。

【0080】第2実施形態に係る不純物導入装置は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を基本的に同様であるので、同一の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0081】第2の実施形態に係る不純物導入装置の特徴として、不純物固体を保持する固体保持台22は設けられておらず、代わりに、金属又は絶縁物よりなり不純物が付着する不純物付着台30が設けられており、該不純物付着台30上には、後述する方法により、例えばボロンよりなる不純物膜31が堆積する。不純物付着台30には第2の切替えスイッチ26が接続されており、該第2の切替えスイッチ26は、不純物付着台30を第2のコンデンサ27を介して第2の高周波電源28に接続して不純物付着台30を陰極にしたり、不純物付着台30を接地して不純物付着台30を陽極にしたりすることができる。また、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18との間には、両者間を連通させたり遮断したりするシャッター32が設けられている。尚、図3においては、図示の都合上、シャッター32は破線によって示している。

【0082】以下、第4の不純物導入方法について図3を参照しながら説明する。第4の不純物導入方法は、第2の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に不純物保持台30もプラズマに対して陰極にする場合である。

【0083】まず、シャッター32を閉じて試料保持台11とプラズマ領域18との間を遮断した状態で、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 5×10^{-3} Torrの真空度に保つ。また、第2の切替えスイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。

【0084】次に、ソースガスフィード14から不純物を含むガス、例えばディボランB₂H₆を真空槽10内に毎分50cc供給すると共に、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm²のプ

ラズマ電流密度を発生させる。このようにすると、 B_2H_6 がプラズマ化し、ボロンイオンが不純物付着台30に向かって進み、不純物付着台30にボロンよりなる不純物膜31が堆積する。

【0085】尚、前記の場合、 B_2H_6 よりなるプラズマを発生させたので、より低温で且つ高い効率で不純物膜31が形成されるが、 B_2H_6 よりなるプラズマを発生させなくても、ソースガスフィード14から B_2H_6 を真空槽10内に供給すると、通常のCVD法と同様に、不純物付着台30にボロンよりなる不純物膜31を堆積することができる。

【0086】次に、真空槽10内の水素を含むガスを排出した後、シャッター32を開けて試料保持台11とプラズマ領域18との間を連通する。その後、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 4×10^{-4} Torrの真空度に保つと共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10℃に保つ。

【0087】この状態で、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いる第1の不純物導入方法と同様に、希ガスフィード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 2.5 mA/cm^2 のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。次に、第1の切替えスイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコンデンサー20を介して不純物付着台30に印加して不純物付着台30を陰極にすると共に、第2の切替えスイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサー27を介して不純物付着台30に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、不純物付着台30はプラズマに対して陰極として作用し、不純物付着台30はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物膜31に激しく衝突し、不純物膜31に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。Arプラズマ中に均一且つ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の約700Vの電位差によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0088】前記の不純物導入方法によると、図2に示した結果と同様、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0089】また、この不純物導入方法によると、 B_2H_6 を用いて直接にドーピングする場合に比べて、固体試料12に導入される水素が少ないので、固体試料において格子欠陥が生じるという問題を回避できる。

【0090】以下、前述した各不純物導入方法を用いて

行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法について図4及び図5を参照しながら説明する。

【0091】まず、図4(a)に示すように、半導体基板50上の所定領域に素子分離層51を形成した後、半導体基板50を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させる。

【0092】次に、前述した第1又は第4の不純物導入方法により、半導体基板50の近傍に、不純物よりなるプラズマ52を発生させ、図4(b)に示すように、半導体基板50の表面部近傍に不純物層53を形成する。

【0093】次に、図5(a)に示すように、半導体基板50の上に全面に亘って例えばCVD法によるシリコン酸化膜等よりなる絶縁膜54を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、適当な熱処理、例えば1000℃の温度下における10秒間の熱処理を行なって不純物層53の不純物分布を制御してもよい。

【0094】次に、図5(b)に示すように、フォトリソグラフィ法及びエッチング法を用いて絶縁膜54に開口部54aを形成した後、単層又は多層の金属膜を全面に堆積し、その後、該金属膜に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施してパターンニングして前記金属膜よりなる金属配線層55を形成する。

【0095】尚、前記のダイオードを有する半導体装置の製造方法においては、第1又は第4の不純物導入方法を用いたので、半導体基板50の表面部近傍に比較的深く且つ高濃度の不純物層53を形成することができるが、第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に浅く且つ高濃度の不純物層53を形成することができ、第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に浅く且つ低濃度の不純物層53を形成することができる。このようにして形成した不純物層を積み重ねる等の手法で、所謂バイポーラ素子を作成することが可能であることは言うまでもない。

【0096】以下、前述した第1又は第4の不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法について図6及び図7を参照しながら説明する。尚、以下においては、便宜上第1の不純物導入方法を用いる場合について説明する。

【0097】まず、図6(a)に示すように、半導体基板60上におけるPMOS領域とNMOS領域との間に素子分離領域61を形成した後、PMOS領域及びNMOS領域にそれぞれゲート絶縁膜62及びゲート電極63を形成し、その後、PMOS領域に開口部を有しノボラック樹脂やポリビニールフェノール等よりなる第1のレジストパターン64を形成する。

【0098】この状態で、半導体基板60を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させた後、第1の不純物導入方法を用いて、P型の不純物例えばボロンを導入する。すなわち、固体

27

保持台22の上にボロンを主成分とする不純物固体21を載置した後、希ガスフィード14から不活性ガス、例えばArガスを導入して、Arプラズマ65を発生させ、ボロンを半導体基板60の表面部に導入する。この場合の条件は、周波数が2.45GHzのマイクロ波を約500Wのパワーで導波すると共に、試料保持台11及び固体保持台22にそれぞれ周波数が13.56MHzでパワーが約300Wの高周波電力を印加する。また、Arガスを導入した際の真空槽10内の真空度は約 3×10^{-4} Torrに保った。プラズマの照射によって、半導体基板60の表面の自然酸化膜が除去されて清浄且つ活性な表面部が露出し、該表面部にボロンの不純物層66が形成された。

【0099】次に、図6(b)に示すように、第1のフォトリソグراف法を除去した後、NMOS領域に開口部を有する第2のレジストパターン67を形成し、固体保持台22の上にN型の不純物例えば砒素を主成分とする不純物固体21を載置した後、前記と同様の条件で半導体基板60の表面部のNMOS領域に砒素の不純物層68を形成する。

【0100】次に、図7(a)に示すように、半導体基板60の上に全面に亘ってCVD酸化膜等よりなる絶縁膜70を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、半導体基板60に対して適当な熱処理、例えば1000℃の温度下における10秒間の熱処理を行なって不純物層66、68の不純物分布を制御してもよい。次に、絶縁膜70に対してフォトリソグراف法及びエッチング法を施して、絶縁膜70に開口部70aを形成する。

【0101】次に、図7(b)に示すように、単層又は多層の金属膜を全面に亘って堆積した後、該金属膜に対してフォトリソグراف法及びエッチング法を施して金属膜をパターン化して金属配線層72を形成する。

【0102】尚、絶縁膜70の開口部70aにおける不純物層66、68と金属配線層72との電気的コンタクトを良好に保つため、コンタクト部を構成する不純物層66、68には、所謂イオン注入法を用いて適当な不純物分布を形成してもよい。この場合には、PMOS領域には例えばボロンをエネルギー15keVでドーズ量 $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ でイオン注入し、NMOS領域には例えば砒素をエネルギー30keVでドーズ量 $3 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ でイオン注入することができる。もっとも、これらの注入条件は、作製する半導体装置の設計によって大幅に異なるので、適切な設定が必要なのはいうまでもない。

【0103】尚、前記のCMOSを有する半導体装置の製造方法においては、第1の不純物導入方法を用いたので、半導体基板60の表面部近傍に比較的深く且つ高濃度の不純物層66、68を形成することができるが、第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に浅く且つ高濃度の不純物層66、68を形成

28

することができ、また、第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に浅く且つ低濃度の不純物層66、68を形成することができる。

【0104】尚、前記の各不純物導入方法及び各半導体装置の製造方法においては、不純物としてはボロンを導入したが、導入する不純物はボロンに限られず、砒素、燐、アルミニウム又はアンチモン等を導入することができる。また、不活性又は反応性のガスとしてArガスを用いたが、不活性又は反応性のガスとしてはArガスに限られず、窒素ガス等を用いることができる。

【0105】

【発明の効果】請求項1の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0106】請求項2の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0107】請求項3の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入され、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成することができる。

【0108】請求項4の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物付着手段に堆積された不純物膜に含まれる不純物は効率良くスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成することができる。

【0109】請求項8の発明に係る不純物の導入装置に

よると、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項1の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0110】請求項9の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項2の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0111】請求項10の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成する請求項3の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【0112】請求項11の発明に係る不純物の導入装置によると、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物固体に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【0113】請求項12の発明に係る不純物の導入装置によると、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【0114】請求項13の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0115】請求項14の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0116】請求項15の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく低濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【0117】請求項16の発明に係る不純物の導入装置によると、不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物膜に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【0118】請求項17の発明に係る不純物の導入装置によると、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【0119】請求項20の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0120】請求項21の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0121】請求項22の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するダイオードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0122】請求項23の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0123】請求項24の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【0124】請求項25の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図2】本発明に係る第1の不純物導入方法により形成

31

32

した固体試料における深さとボロン濃度との関係をSIMSによって測定した結果を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図4】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図5】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図6】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図7】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図8】従来の不純物導入装置の概略図である。

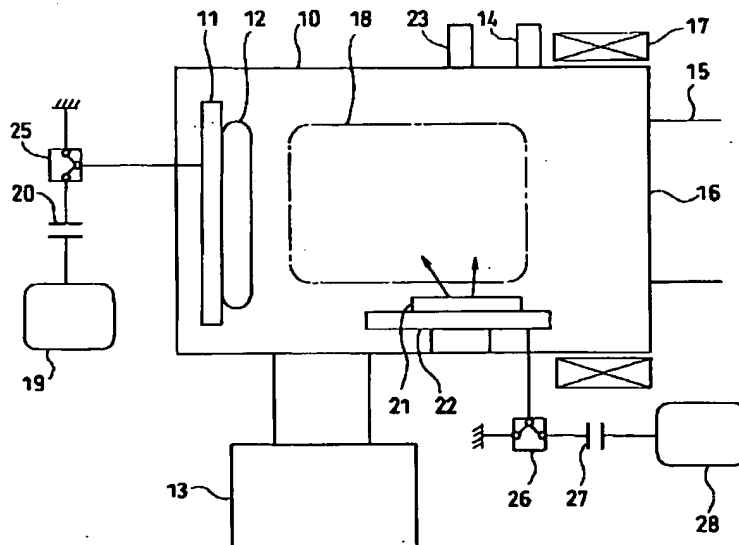
【図9】本発明の前提となる不純物導入装置の概略図である。

【符号の説明】

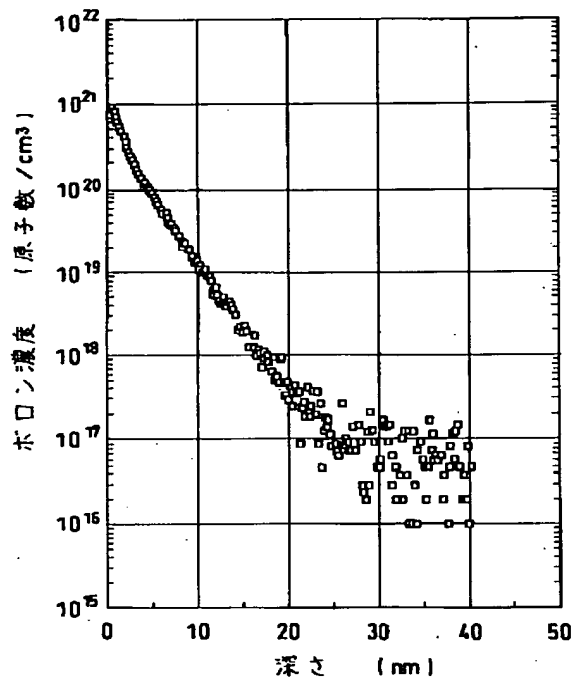
- 10 真空槽
- 11 試料保持台
- 12 試料保持台
- 13 減圧ポンプ
- 14 ソースガスフィード
- 15 マイクロ波導波管
- 16 石英板
- 17 電磁石
- 18 プラズマ領域
- 19 第1のコンデンサ

- 20 第1の高周波電源
- 21 不純物固体
- 22 固体保持台
- 23 希ガスフィード
- 25 第1の切替えスイッチ
- 26 第2の切替えスイッチ
- 27 第2のコンデンサ
- 28 第2の高周波電源
- 30 不純物付着台
- 31 不純物膜
- 32 シャッター
- 50 半導体基板
- 51 素子分離層
- 52 プラズマ
- 53 不純物層
- 54 絶縁膜
- 54a 開口部
- 55 金属配線層
- 60 半導体基板
- 61 素子分離領域
- 62 ゲート絶縁膜
- 63 ゲート電極
- 64 第1のレジストパターン
- 65 Arプラズマ
- 66 不純物層
- 67 第2のレジストパターン
- 68 不純物層
- 70 絶縁膜
- 70a 開口部
- 72 金属配線層

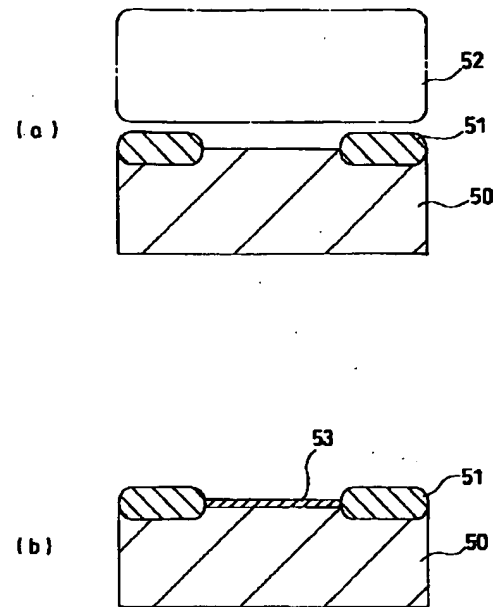
【図1】



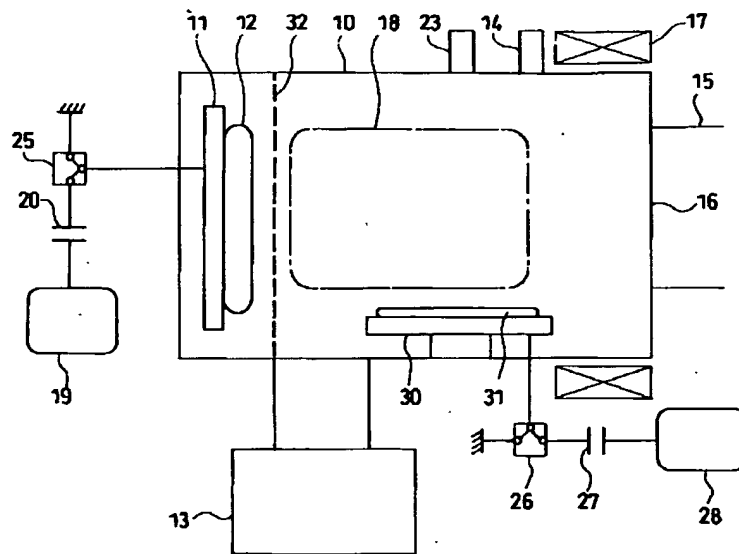
【図2】



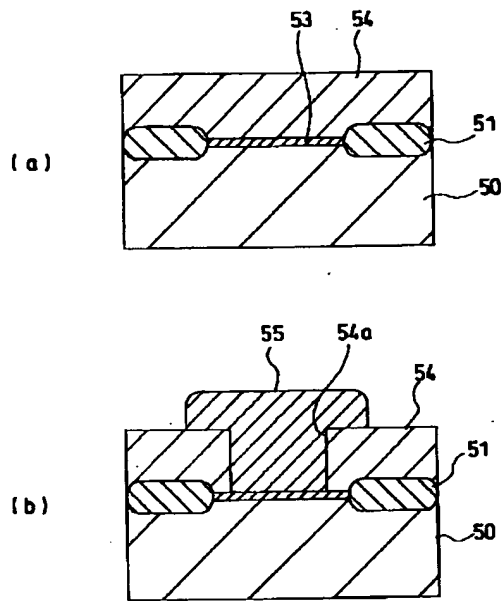
【図4】



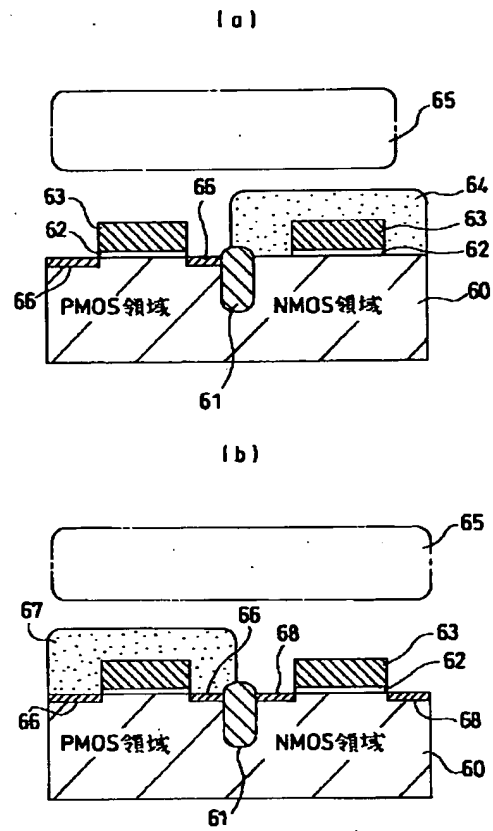
【図3】



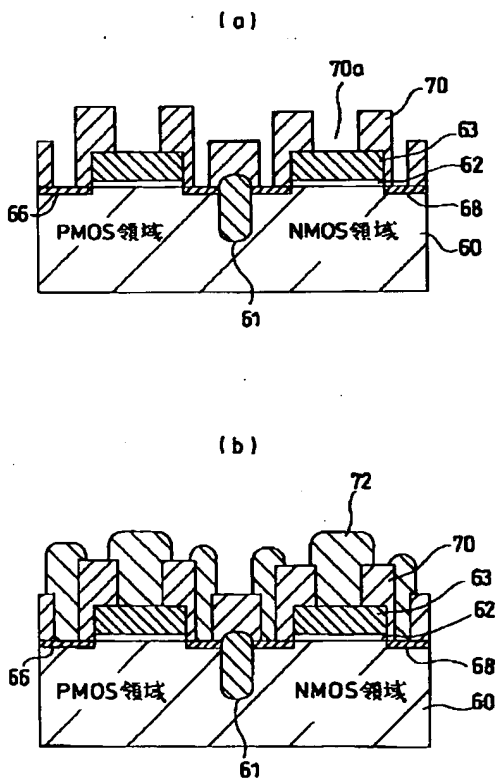
【図5】



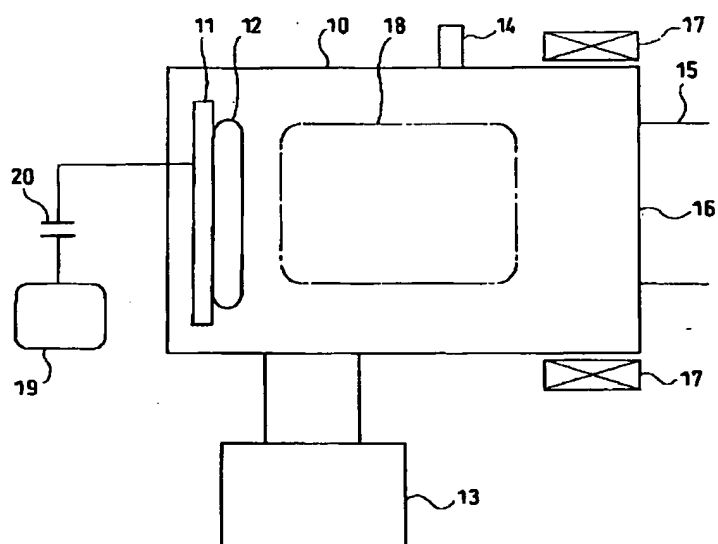
【図6】



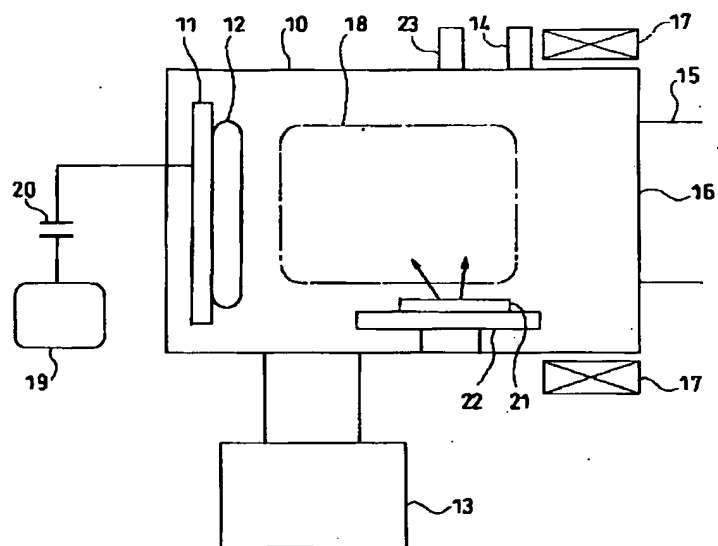
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 一郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

* NOTICES *

good as Bose

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of a semiconductor device of using the introductory approach of said impurity for the introductory approach of the impurity which introduces the impurity which consists of an atom or a molecule in a low-temperature field (for example, temperature field applied to very low temperature from 250 degrees C) into the surface section of solid samples, such as a semi-conductor substrate, and its equipment list.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a technique which introduces an impurity into the surface section of a solid sample, the plasma doping method which ionizes an impurity and is introduced into a solid-state by low energy is learned, for example as shown in USP4912065.

[0003] Hereafter, the plasma doping method as the conventional impurity installation approach is explained, referring to drawing 8.

[0004] Drawing 8 shows the outline configuration of the impurity installation equipment used for the conventional plasma doping method, and sets it to drawing 8. The sample maintenance base holding the solid sample 12 into which 10 is prepared in a vacuum tub, 11 is prepared in the interior of the vacuum tub 10, and an impurity is introduced and which consists of a silicon substrate, for example, The reduced pressure pump with which 13 decompresses the interior of the vacuum tub 10, and 14 are doping gas containing the element of a request in the vacuum tub 10, B-2 H6 [for example,]. Source gas feed to supply, The microwave waveguide by which 15 was connected to the vacuum tub 10, the quartz plate with which 16 was prepared between the vacuum tub 10 and the microwave waveguide 15, 17 is an electromagnet arranged on the outside of the vacuum tub 10, and the plasma generating means is constituted by the microwave waveguide 15, the quartz plate 16, and the electromagnet 17. Moreover, in drawing 8, it is the RF generator which 18 minds [sample maintenance / 11] a plasma field, and 19 minds a capacitor 20, and is connected.

[0005] (The doping gas, for example, B-2 H6, which were introduced from the source gas feed 14 in the impurity installation equipment of said structure It is plasma-ized by the plasma generating means, and the boron ion in this plasma is introduced into the surface section of a solid sample 12 by RF generator 19.)

[0006] Thus, if a thin oxide film is formed on a metal wiring layer into a predetermined oxidizing atmosphere and a gate electrode is formed on a solid sample 12 with a CVD system etc. after that after forming a metal wiring layer on the solid sample 12 into which the impurity was introduced, an MOS transistor will be obtained, for example.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, B-2 H6 Generally the gas which contains the impurity which serves as activity electrically like the becoming doping gas when introduced into solid samples, such as a silicon substrate, has the problem that danger is high.

[0008] Moreover, all the matter with which the plasma doping method is included in doping gas is introduced into a solid sample. B-2 H6 Although an effective impurity is only boron when it explains taking the case of the becoming doping gas, and introduced into a solid sample, hydrogen is also introduced into coincidence into a solid sample. When hydrogen is introduced into a solid sample, there is a problem that a lattice defect produces epitaxial growth etc. in a solid sample at the time of heat treatment performed succeedingly.

[0009] Then, they took into consideration making an impurity separate from this impurity solid-state by generating the plasma of the rare gas as inactive or reactant gas in this vacuum tub, and carrying out sputtering of the impurity solid-state with the ion of this rare gas while they would have arranged the impurity solid-state containing the impurity which serves as activity electrically in a vacuum tub, if these artificers were introduced into the solid sample.

[0010] Drawing 9 shows the outline configuration of the impurity installation equipment used for the plasma doping method using the impurity solid-state containing an impurity. In drawing 9, explanation is omitted by attaching the same sign about the same member as what was shown in drawing 8.

[0011] The description of this impurity installation equipment is equipped with the solid-state maintenance base 22 holding the impurity solid-state 21 containing an impurity, for example, boron, and the rare-gas feed 23 which introduces rare gas into the interior of the vacuum tub 10. If for example, Ar gas is introduced into the interior of the vacuum tub 10 from the rare-gas feed 23, this Ar gas will be plasma-ized by the plasma generating means, and sputtering of the boron will be carried out from the impurity solid-state 21 with Ar ion in this Ar plasma. After it is mixed in Ar plasma and the boron by which sputtering was carried out serves as plasma doping gas, it is introduced into the surface section of a solid sample 12.

[0012] However, although an impurity is generated from the impurity solid-state 21 when plasma doping is performed as mentioned above, the amount of the generated impurity is inadequate and the technical problem that a throughput is not good, and the technical problem that an impurity cannot be introduced into the field very near a front face in the surface section of a solid sample occur.

[0013] Make into the 1st purpose to make [many] the amount of the impurity which faces this invention introducing inactive or reactant gas in a vacuum tub, and generating an impurity from an impurity solid-state in view of the above, and is generated, and to raise a throughput, and let it be the 2nd purpose to enable it to introduce an impurity into the field very near a front face in the surface section of a solid sample.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In order to attain said 1st purpose, the solution means which invention of claim 1 provided The process holding the solid sample by which the impurity solid-state containing an impurity and said impurity are introduced in a vacuum tub in the introductory approach of an impurity, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, An electrical potential difference from which this solid sample turns into said solid sample with cathode to the plasma is impressed, and it considers as a configuration equipped with the process which introduces into the surface section of said solid sample said impurity mixed into said plasma.

[0015] If an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into an impurity solid-state with cathode to the plasma is impressed by the configuration of claim 1, since the ion in the plasma will advance toward an impurity solid-state with big energy, the impurity contained in this impurity solid-state is mixed by high concentration into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, if an electrical potential difference from which this solid sample turns into a solid sample with cathode to the plasma is impressed, since the high-concentration impurity ion mixed into the plasma will advance toward a solid sample with big energy, this high-concentration impurity ion is introduced into the surface section of a solid sample.

[0016] In order to attain said 1st and 2nd purposes, the solution means which invention of claim 2 provided The process holding the solid sample by which the impurity solid-state containing an impurity and said impurity are introduced in a vacuum tub in the introductory approach of an impurity, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, An electrical potential difference from which this solid sample turns into said solid sample with an anode plate to the plasma is impressed, and it considers as a configuration equipped with the process which introduces into said solid sample said impurity mixed into said plasma.

[0017] If an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into an impurity solid-state with cathode to the plasma is impressed by the configuration of claim 2, since the ion in the plasma will advance toward an impurity solid-state with big energy, the impurity contained in this impurity solid-state is mixed by high concentration into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, if an electrical potential difference from which this solid sample turns into a solid sample with an anode plate to the plasma is impressed, since the high-concentration impurity ion mixed into the plasma will advance toward a solid sample with small energy, this high-concentration impurity ion is introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample.

[0018] In order to attain said 2nd purpose, the solution means which invention of claim 3 provided The process holding the solid sample by which the impurity solid-state containing an impurity and said impurity are introduced in a vacuum tub in the introductory approach of an impurity, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with an anode plate to the

plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, An electrical potential difference from which this solid sample turns into said solid sample with an anode plate to the plasma is impressed, and it considers as a configuration equipped with the process which introduces into said solid sample said impurity mixed into said plasma.

[0019] If an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into an impurity solid-state with an anode plate to the plasma is impressed by the configuration of claim 3, since the ion in the plasma will advance toward an impurity solid-state with small energy, the impurity contained in this impurity solid-state is mixed by low concentration into the plasma which sputtering is carried out comparatively few and consists of inactive or reactant gas. Moreover, if an electrical potential difference from which this solid sample turns into a solid sample with an anode plate to the plasma is impressed, since the low-concentration impurity ion mixed into the plasma will advance toward a solid sample with small energy, this low-concentration impurity ion is introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample.

[0020] In order to attain said 1st purpose, the solution means which invention of claim 4 provided The process which holds the solid sample into which said impurity is introduced while establishing an impurity adhesion means by which an impurity adheres the introductory approach of an impurity in a vacuum tub, After intercepting the 1st field in which said impurity adhesion means in said vacuum tub is formed, and the 2nd field where said solid sample is held, The process which deposits the impurity film which introduces the gas containing said impurity into said 1st field, and becomes said impurity adhesion means from said impurity, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas after making said the 1st field and said 2nd field open for free passage, By impressing an electrical potential difference from which this impurity film turns into said impurity film with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity film with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity film mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, An electrical potential difference from which this solid sample turns into said solid sample with cathode to the plasma is impressed, and it considers as a configuration equipped with the process which introduces into the surface section of said solid sample said impurity mixed into said plasma.

[0021] The impurity film which an impurity will adhere to an impurity adhesion means and will consist of this impurity by the configuration of claim 4 if the gas containing an impurity is introduced into the 1st field after intercepting the 1st field in which the impurity adhesion means in a vacuum tub is formed, and the 2nd field where the solid sample is held accumulates. Then, if an electrical potential difference from which this impurity film turns into impurity film with cathode to the plasma is impressed while generating the plasma which becomes the interior of a vacuum tub from inactive or reactant gas after making the 1st field and 2nd field open for free passage, the impurity contained in the impurity film will be mixed by high concentration like the above into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, impression of an electrical potential difference from which this solid sample turns into a solid sample with cathode to the plasma introduces high-concentration impurity ion into the surface section of a solid sample like the above.

[0022] The configuration that said electrical potential difference from which invention of claim 5 becomes claims 1 and 2 or the configuration of 4 with cathode to the plasma is a negative electrical potential difference is added.

[0023] Said electrical potential difference from which invention of claim 6 becomes claim 2 or the configuration of 3 with an anode plate to the plasma adds the configuration that it is an electrical potential difference not more than 0V.

[0024] Invention of claim 7 is a semi-conductor substrate with which said solid sample becomes from silicon at the configuration of claims 1-6, said impurity is arsenic, phosphorus, boron, aluminum, or antimony, and said inactive or reactant gas adds limitation that it is gas containing nitrogen or an argon.

[0025] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 8 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, A solid-state maintenance means to hold the impurity solid-state which is prepared in said vacuum tub and contains an impurity, A sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and a gas installation means to introduce inactive or reactant gas in said vacuum tub, It considers as a configuration equipped with the 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said impurity solid-state becomes said solid-state maintenance means with cathode to the plasma, and the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with cathode to the plasma.

[0026] If an electrical potential difference from which an impurity solid-state becomes a solid-state maintenance means with cathode to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed by the configuration of claim 8, since the ion in the plasma will advance toward an impurity solid-state with big energy, the impurity contained in an impurity solid-state is mixed by high concentration like the above into the plasma which

sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, impression of an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with cathode to the plasma with the 2nd electrical-potential-difference impression means introduces high-concentration impurity ion into the surface section of a solid sample like the above.

[0027] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 9 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, A solid-state maintenance means to hold the impurity solid-state which is prepared in said vacuum tub and contains an impurity, A sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and a gas installation means to introduce inactive or reactant gas in said vacuum tub, It considers as a configuration equipped with the 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said impurity solid-state becomes said solid-state maintenance means with cathode to the plasma, and the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with an anode plate to the plasma.

[0028] If an electrical potential difference from which an impurity solid-state becomes a solid-state maintenance means with cathode to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed by the configuration of claim 9, the impurity contained in an impurity solid-state will be mixed by high concentration like the above into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, if an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with an anode plate to the plasma is impressed with the 2nd electrical-potential-difference impression means, high-concentration impurity ion will be introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample like the above.

[0029] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 10 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, A solid-state maintenance means to hold the impurity solid-state which is prepared in said vacuum tub and contains an impurity, A sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and a gas installation means to introduce inactive or reactant gas in said vacuum tub, It considers as a configuration equipped with the 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said impurity solid-state becomes said solid-state maintenance means with an anode plate to the plasma, and the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with an anode plate to the plasma.

[0030] If an electrical potential difference from which an impurity solid-state becomes a solid-state maintenance means with an anode plate to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed by the configuration of claim 10, the impurity contained in an impurity solid-state will be mixed by low concentration like the above into the plasma which sputtering is carried out comparatively few and consists of inactive or reactant gas. Moreover, if an electrical potential difference from which a solid sample serves as an anode plate to the plasma on a sample maintenance base is impressed with the 2nd electrical-potential-difference impression means, low-concentration impurity ion will be introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample like the above.

[0031] Invention of claim 11 in claim 8 or the configuration of 9 said 1st electrical-potential-difference impression means A means to impress an electrical potential difference from which said impurity solid-state becomes said solid-state maintenance means with an anode plate to the plasma, The configuration which has further the means which changes the 2nd condition of impressing an electrical potential difference which serves as an anode plate to the 1st condition of impressing an electrical potential difference from which said impurity solid-state serves as cathode to the plasma, and the plasma is added.

[0032] As for invention of claim 12, said 2nd electrical-potential-difference impression means adds the configuration to which said solid sample has further the means which changes the 2nd condition impress the electrical potential difference which becomes with an anode plate to the 1st condition impress a means impress an electrical potential difference which becomes [as opposed to / to the configuration of claim 8 / the plasma] with an anode plate, and an electrical potential difference from which said solid sample serves as cathode to the plasma, and the plasma at said sample maintenance means.

[0033] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 13 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, An impurity adhesion means by which it is prepared in said vacuum tub and an impurity adheres, and a sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A shutter means to make open them for free passage or intercept the 1st field in which said impurity adhesion means is formed, and the 2nd field in which said sample maintenance means is

formed, The 1st gas installation means which introduces the gas containing said impurity into said 1st field in said vacuum tub, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and the 2nd gas installation means which introduces inactive or reactant gas in said vacuum tub, The 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which the impurity adhering to this impurity adhesion means serves as cathode to the plasma at said impurity adhesion means, It considers as a configuration equipped with the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with cathode to the plasma.

[0034] If the gas which contains an impurity to the 1st field with the 1st gas installation means is introduced after intercepting the 1st field in which the impurity adhesion means in a vacuum tub is formed by the shutter means, and the 2nd field where the solid sample is held by the configuration of claim 13, the impurity film which an impurity adheres to an impurity adhesion means and consists of this impurity will accumulate. Then, if an electrical potential difference from which the impurity film becomes an impurity adhesion means with cathode to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed while generating the plasma which becomes the interior of a vacuum tub from inactive or reactant gas with a plasma generating means after making the 1st field and 2nd field open for free passage The impurity contained in the impurity film is mixed by high concentration like the above into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, impression of an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with cathode to the plasma with the 2nd electrical-potential-difference impression means introduces high-concentration impurity ion into the surface section of a solid sample like the above.

[0035] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 14 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, An impurity adhesion means by which it is prepared in said vacuum tub and an impurity adheres, and a sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A shutter means to make open them for free passage or intercept the 1st field in which said impurity adhesion means is formed, and the 2nd field in which said sample maintenance means is formed, The 1st gas installation means which introduces the gas containing said impurity into said 1st field in said vacuum tub, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and the 2nd gas installation means which introduces inactive or reactant gas in said vacuum tub, The 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which the impurity adhering to this impurity adhesion means serves as cathode to the plasma at said impurity adhesion means, It considers as a configuration equipped with the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with an anode plate to the plasma.

[0036] If the gas which contains an impurity to the 1st field with the 1st gas installation means is introduced after intercepting the 1st field in which the impurity adhesion means in a vacuum tub is formed by the shutter means, and the 2nd field where the solid sample is held by the configuration of claim 14, the impurity film which an impurity adheres to an impurity adhesion means and consists of this impurity will accumulate. Then, if an electrical potential difference from which the impurity film becomes an impurity adhesion means with cathode to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed while generating the plasma which becomes the interior of a vacuum tub from inactive or reactant gas with a plasma generating means after making the 1st field and 2nd field open for free passage The impurity contained in the impurity film is mixed by high concentration like the above into the plasma which sputtering is efficiently carried out and consists of inactive or reactant gas. Moreover, impression of an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with an anode plate to the plasma with the 2nd electrical-potential-difference impression means introduces high-concentration impurity ion into the field very near a front face in the surface section of a solid sample like the above.

[0037] The vacuum tub by which, as for the solution means which invention of claim 15 provided, the interior is held in the introductory equipment of an impurity at a vacuum, An impurity adhesion means by which it is prepared in said vacuum tub and an impurity adheres, and a sample maintenance means to hold the solid sample into which it is prepared in said vacuum tub and said impurity is introduced, A shutter means to make open them for free passage or intercept the 1st field in which said impurity adhesion means is formed, and the 2nd field in which said sample maintenance means is formed, The 1st gas installation means which introduces the gas containing said impurity into said 1st field in said vacuum tub, A plasma generating means to generate the plasma in said vacuum tub, and the 2nd gas installation means which introduces inactive or reactant gas in said vacuum tub, The 1st electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which the impurity adhering to this impurity adhesion means serves as an anode plate to the plasma at said impurity adhesion means, It considers as a configuration equipped with the 2nd electrical-potential-difference impression means which impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with an anode plate to the plasma.

[0038] If the gas which contains an impurity to the 1st field with the 1st gas installation means is introduced after

intercepting the 1st field in which the impurity adhesion means in a vacuum tub is formed by the shutter means, and the 2nd field where the solid sample is held by the configuration of claim 15, the impurity film which an impurity adheres to an impurity adhesion means and consists of this impurity will accumulate. Then, if an electrical potential difference from which the impurity film becomes an impurity adhesion means with an anode plate to the plasma with the 1st electrical-potential-difference impression means is impressed while generating the plasma which becomes the interior of a vacuum tub from inactive or reactant gas with a plasma generating means after making the 1st field and 2nd field open for free passage The impurity contained in the impurity film is mixed by low concentration like the above into the plasma which sputtering is carried out comparatively few and consists of inactive or reactant gas. Moreover, impression of an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with an anode plate to the plasma with the 2nd electrical-potential-difference impression means introduces low-concentration impurity ion into the field very near a front face in the surface section of a solid sample like the above.

[0039] Invention of claim 16 in claim 13 or the configuration of 14 said 1st electrical-potential-difference impression means A means to impress an electrical potential difference from which the impurity adhering to this impurity adhesion means serves as an anode plate to the plasma at said impurity adhesion means, The configuration which has further the means which changes the 2nd condition of becoming an anode plate to the 1st condition that the impurity adhering to said impurity adhesion means serves as cathode to the plasma, and the plasma is added.

[0040] Invention of claim 17 adds the configuration in which a means to by_which said 2nd electrical-potential-difference impression means impresses an electrical potential difference from which said solid sample becomes said sample maintenance means with an anode plate to the plasma, and said solid sample have further the change means which changes the 2nd condition of becoming an anode plate to the 1st condition of becoming cathode to the plasma, and the plasma to the configuration of claim 13.

[0041] The configuration that said electrical potential difference from which invention of claim 18 becomes claims 8, 9, and 13 or the configuration of 14 with cathode to the plasma is a negative electrical potential difference is added.

[0042] Said electrical potential difference from which invention of claim 19 becomes claims 9, 10, and 14 or the configuration of 15 with an anode plate to the plasma adds the configuration that it is an electrical potential difference not more than 0V.

[0043] The process from which the solution means which invention of claim 20 provided separates electrically the diode [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The process which holds the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a diode formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with cathode to the plasma The process which introduces into the surface section of the diode formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the process which forms the wiring layer electrically connected with said impurity layer on the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0044] An impurity is introduced into the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 1 by the configuration of claim 20 at high concentration.

[0045] The process from which the solution means which invention of claim 21 provided separates electrically the diode [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The process which holds the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a diode formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with an anode plate to the plasma The process which introduces into the surface section of the diode formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the process which forms the wiring layer electrically connected with said impurity layer on the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0046] An impurity is introduced into the field very near the front face in the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 2 by the configuration of claim 21 at high concentration.

[0047] The process from which the solution means which invention of claim 22 provided separates electrically the diode [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The process which holds the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a diode formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with an anode plate to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with an anode plate to the plasma The process which introduces into the surface section of the diode formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the process which forms the wiring layer electrically connected with said impurity layer on the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0048] An impurity is introduced into the field very near the front face in the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 3 by the configuration of claim 22 at low concentration.

[0049] The process from which the solution means which invention of claim 23 provided separates electrically the transistor [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The process which forms an electrode in the transistor formation field on the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed through an insulating layer, The process which holds the semi-conductor substrate with which said electrode was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a transistor formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with cathode to the plasma The process which introduces into the surface section of the transistor formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the formation process which forms the wiring layer electrically connected with said electrode of the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0050] An impurity is introduced into the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 1 by the configuration of claim 23 at high concentration.

[0051] The formation process from which the solution means which invention of claim 24 provided separates electrically the transistor [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The formation process which forms an electrode in the transistor formation field on the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed through an insulating layer, The maintenance process which holds the semi-conductor substrate with which said electrode was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a transistor formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with cathode to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with an anode plate to the plasma The process which introduces into the surface section of the transistor formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the process which forms the wiring layer electrically connected with said electrode of the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0052] An impurity is introduced into the field very near the front face in the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 2 by the configuration of claim 24 at high

concentration.

[0053] The process from which the solution means which invention of claim 25 provided separates electrically the transistor [approach / of a semiconductor device / manufacture] formation field on a semi-conductor substrate by the component detached core, The process which forms an electrode in the transistor formation field on the semi-conductor substrate with which said component detached core was formed through an insulating layer, The process which holds the semi-conductor substrate with which said electrode was formed, and the impurity solid-state containing the impurity introduced into a transistor formation field in a vacuum tub, The process which generates the plasma which introduces inactive or reactant gas into the interior of said vacuum tub, and consists of this inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this impurity solid-state turns into said impurity solid-state with an anode plate to the plasma, and carrying out sputtering of said impurity solid-state with the ion in said plasma The process which makes the impurity contained in this impurity solid-state mix into the plasma which consists of said inactive or reactant gas, By impressing an electrical potential difference from which this semi-conductor substrate turns into a semi-conductor substrate currently held in said vacuum tub with an anode plate to the plasma The process which introduces into the surface section of the transistor formation field in said semi-conductor substrate said impurity mixed into said plasma, and forms an impurity layer, It considers as a configuration equipped with the process which forms the wiring layer electrically connected with said electrode of the semi-conductor substrate with which said impurity layer was formed.

[0054] An impurity is introduced into the field very near the front face in the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate according to the same operation as claim 3 by the configuration of claim 25 at low concentration.

[0055] The configuration that said electrical potential difference from which invention of claim 26 becomes claims 20, 21, and 23 or the configuration of 24 with cathode to the plasma is a negative electrical potential difference is added.

[0056] Said electrical potential difference from which the solution means which invention of claim 27 provided becomes claims 21, 22, and 24 or the configuration of 25 with an anode plate to the plasma adds the configuration that it is an electrical potential difference not more than 0V.

[0057] In invention of claim 28, said semi-conductor substrate becomes the configuration of claims 20-27 from silicon, said impurity is arsenic, phosphorus, boron, aluminum, or antimony, and said inactive or reactant gas adds the configuration that it is gas containing nitrogen or an argon.

[0058]

[Embodiment of the Invention] It explains referring to drawing 1 about the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt of this invention hereafter.

[0059] In drawing 1, 10 is prepared in a vacuum tub, 11 is prepared in the interior of the vacuum tub 10, it is a sample maintenance base holding the solid sample 12 into which an impurity is introduced and which consists of a silicon substrate, for example, and this sample maintenance base 11 contains the temperature control means which maintains a solid sample 12 at predetermined temperature. Moreover, the reduced pressure pump with which 13 decompresses the interior of the vacuum tub 10 in drawing 1 R> 1, The source gas feed by which 14 supplies doping gas in the vacuum tub 10, The microwave waveguide by which 15 was connected to the vacuum tub 10, the quartz plate with which 16 was prepared between the vacuum tub 10 and the microwave waveguide 15, 17 is an electromagnet arranged on the outside of the vacuum tub 10, and the ECR plasma generating means as a plasma generating means is constituted by the microwave waveguide 15, the quartz plate 16, and the electromagnet 17. As a reduced pressure pump 13, it uses combining a turbo molecular pump and the so-called dry pump. Moreover, in drawing 1, the 1st RF generator connected by 18 sample maintenance minding [11] a plasma field, and 19 minding the 1st capacitor 20, the impurity solid-state with which 21 contains an impurity element, for example, boron, the solid-state maintenance base where 22 holds the impurity solid-state 21, and 23 are rare-gas feed which introduces rare gas into the interior of the vacuum tub 10.

[0060] As a description of the 1st operation gestalt, the 1st changeover switch 25 is connected to the sample maintenance base 11, and this 1st changeover switch 25 connects the sample maintenance base 11 to 1st RF generator 19 through the 1st capacitor 20, to the plasma, it can be made cathode, or it can ground the sample maintenance base 11 for the sample maintenance base 11, and can make the sample maintenance base 11 an anode plate to the plasma.

[0061] The 2nd changeover switch 26 is connected to the solid-state maintenance base 22 as a description of the 1st operation gestalt. Moreover, this 2nd changeover switch 26 The solid-state maintenance base 22 is connectable with 2nd RF generator 28 through the 2nd capacitor 27, to the plasma, it can be made cathode, or the solid-state maintenance base 22 can be grounded for the solid-state maintenance base 22, and the solid-state maintenance base 22 can be made into an anode plate to the plasma.

[0062] Hereafter, it explains, referring to drawing 1 about the 1st impurity installation approach. The 1st impurity installation approach is the case where the solid-state maintenance base 22 is used as cathode to the plasma while it is

performed using the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt and uses the sample maintenance base 11 as cathode to the plasma.

[0063] First, while driving the reduced pressure pump 13 and making the interior of the vacuum tub 10 into the degree of vacuum of abbreviation 5×10^{-7} Torr, the temperature of the sample maintenance base 11 is kept at about 10 degrees C with the temperature control means built in the sample maintenance base 11. Moreover, the set object of the plate or particle which consists of boron as an impurity solid-state 18 is used, using a silicon wafer as a solid sample 12.

[0064] In this condition, while introducing Ar gas ten cc/m from the rare-gas feed 20, the reduced pressure pump 13 maintains the interior of the vacuum tub 10 at the degree of vacuum of abbreviation 4×10^{-4} Torr. Moreover, while guiding 2.45GHz microwave from a microwave waveguide 15, a magnetic field is excited with an electromagnet 17, and they are about 2.5 mA/cm². Plasma current density is generated and the plasma field 18 is made to generate Ar plasma.

[0065] Next, the 1st changeover switch 25 is operated, 13.56MHz high-frequency power is impressed to the sample maintenance base 11 through the 1st capacitor 20 from 1st RF generator 19, and the sample maintenance base 11 is used as cathode. Thus, it produces between the solid samples 12 and Ar plasma of the plasma field 18 which were held on the sample maintenance base 11, potential difference, 700V [for example,]. [big] Moreover, the 2nd changeover switch 26 is operated, 13.56MHz high-frequency power is impressed to the solid-state maintenance base 22 through the 2nd capacitor 27 from 2nd RF generator 28, and the solid-state maintenance base 22 is used as cathode. Thereby, although the solid-state maintenance base 22 acts as cathode to the plasma to generate and it is based also on the conditions of Ar plasma, as for the solid-state maintenance base 22, about 500v potential falls to Ar plasma in this case. Ar ion in Ar plasma collides with the impurity solid-state 21 violently according to this potential difference, and the boron contained in the impurity solid-state 21 is mixed into Ar plasma according to a sputtering phenomenon at high concentration. In this process, the degree of vacuum of the vacuum tub 10 is low set up with the 1×10^{-4} Torr base, and it is desirable to set the average free process of Ar ion to about several 10cm. If it does in this way, the boron by which sputtering was carried out will be diffused in homogeneity in Ar plasma comparatively easily.

[0066] The boron diffused in Ar plasma at homogeneity and high concentration is introduced near the surface section of a solid sample 12 by the potential difference between a solid sample 12 and Ar plasma (in this case, it is about 700V).

[0067] About the time amount which introduces boron near the surface section of a solid sample 12, since the solid sample 12 was used as cathode to the plasma to requiring about 100 seconds according to the 1st impurity installation approach when a solid sample 12 was not used as cathode to the plasma, it ends in about 2 seconds.

[0068] Drawing 2 shows the result of having measured the relation of the depth and boron concentration in a solid sample 12 by SIMS, and has checked that boron was introduced near the surface section of a solid sample 12.

[0069] Hereafter, it explains, referring to drawing 1 about the 2nd impurity installation approach. The 2nd impurity installation approach is the case where the solid-state maintenance base 22 is used as cathode to the plasma while it is performed using the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt and makes the sample maintenance base 11 an anode plate to the plasma.

[0070] First, while driving the reduced pressure pump 13 and making the interior of the vacuum tub 10 into the degree of vacuum of abbreviation 5×10^{-7} Torr like the 1st impurity installation approach, the temperature of the sample maintenance base 11 is kept at about 10 degrees C with the temperature control means built in the sample maintenance base 11. Moreover, the set object of the plate or particle which consists of boron as an impurity solid-state 18 is used, using a silicon wafer as a solid sample 12. In this condition, while introducing Ar gas ten cc/m from the rare-gas feed 20, the reduced pressure pump 13 maintains the interior of the vacuum tub 10 at the degree of vacuum of abbreviation 4×10^{-4} Torr. Moreover, while guiding 2.45GHz microwave from a microwave waveguide 15, a magnetic field is excited with an electromagnet 17, and they are about 2.5 mA/cm². Plasma current density is generated and the plasma field 18 is made to generate Ar plasma.

[0071] Next, the 1st changeover switch 25 is operated, the sample maintenance base 11 is grounded, and the sample maintenance base 11 is made into an anode plate. Thus, it produces between the solid samples 12 and Ar plasma of the plasma field 18 which were held on the sample maintenance base 11, potential difference, 50V [for example,]. [small] Moreover, the 2nd changeover switch 26 is operated, 13.56MHz high-frequency power is impressed to the solid-state maintenance base 22 through the 2nd capacitor 27 from 2nd RF generator 28, and the solid-state maintenance base 22 is used as cathode. Thereby, although the solid-state maintenance base 22 acts as cathode to the plasma to generate and it is based also on the conditions of Ar plasma, as for the solid-state maintenance base 22, about 500v potential falls to Ar plasma in this case. Ar ion in Ar plasma collides with the impurity solid-state 21 violently according to this potential difference, and the boron contained in the impurity solid-state 21 is mixed into Ar plasma according to a sputtering phenomenon at high concentration. In this process, the degree of vacuum of the vacuum tub 10 is low set up with the 1×10^{-4} Torr base, and it is desirable to set the average free process of Ar ion to about several 10cm. If it does in this way, the boron by which sputtering was carried out will be diffused in homogeneity in Ar plasma comparatively easily.

[0072] Although the boron diffused in Ar plasma at homogeneity and high concentration is introduced into the surface section of a solid sample 12 by the small potential difference between a solid sample 12 and Ar plasma (in this case, it is about 50V), since it goes to a solid sample 12 with energy with small high-concentration boron, a high-concentration impurity layer is formed in the field very near the front face of a solid sample 12.

[0073] Hereafter, it explains, referring to drawing 1 about the 3rd impurity installation approach. The 3rd impurity installation approach is the case where the solid-state maintenance base 22 is also made into an anode plate to the plasma while it is performed using the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt and makes the sample maintenance base 11 an anode plate to the plasma.

[0074] First, while driving the reduced pressure pump 13 and making the interior of the vacuum tub 10 into the degree of vacuum of abbreviation 5×10^{-7} Torr like the 1st impurity installation approach, the temperature of the sample maintenance base 11 is kept at about 10 degrees C with the temperature control means built in the sample maintenance base 11. Moreover, the set object of the plate or particle which consists of boron as an impurity solid-state 18 is used, using a silicon wafer as a solid sample 12. In this condition, while introducing Ar gas ten cc/m from the rare-gas feed 20, the reduced pressure pump 13 maintains the interior of the vacuum tub 10 at the degree of vacuum of abbreviation 4×10^{-4} Torr. Moreover, while guiding 2.45GHz microwave from a microwave waveguide 15, a magnetic field is excited with an electromagnet 17, and they are about 2.5 mA/cm². Plasma current density is generated and the plasma field 18 is made to generate Ar plasma.

[0075] Next, the 1st changeover switch 25 is operated, the sample maintenance base 11 is grounded, and the sample maintenance base 11 is made into an anode plate. Thus, it produces between the solid samples 12 and Ar plasma of the plasma field 18 which were held on the sample maintenance base 11, potential difference, 50V [for example,]. [small] Moreover, the 2nd changeover switch 26 is operated, the solid-state maintenance base 22 is grounded, and the solid-state maintenance base 22 is made into an anode plate. Thereby, the solid-state maintenance base 22 acts as an anode plate to the plasma to generate, since the potential difference between the solid-state maintenance base 22 and Ar plasma is small, Ar ion in Ar plasma collides with the impurity solid-state 21 with small energy, and the boron contained in the impurity solid-state 21 is mixed into Ar plasma according to a sputtering phenomenon at low concentration. In this process, the degree of vacuum of the vacuum tub 10 is low set up with the 1×10^{-4} Torr base, and it is desirable to set the average free process of Ar ion to about several 10cm. If it does in this way, the boron by which sputtering was carried out will be diffused in homogeneity in Ar plasma comparatively easily.

[0076] Although the boron diffused in Ar plasma at homogeneity and low concentration is introduced into the surface section of a solid sample 12 by the small potential difference between a solid sample 12 and Ar plasma (in this case, it is about 50V), since it goes to a solid sample 12 with energy with low-concentration small boron, a low-concentration impurity layer is formed in the field very near the front face of a solid sample 12.

[0077] in addition, the 1- performed using the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt -- in the 3rd impurity installation approach, the source gas feed 14 which supplies doping gas in the vacuum tub 10 is not used.

[0078] Moreover, although an ECR plasma generating means to guide 2.45GHz microwave as a plasma generating means was used, it is not restricted to this and other plasma generating means, such as ICP and Helicon, may be used. Moreover, although 13.56MHz high-frequency power was impressed to the sample maintenance base 11 and the solid-state maintenance base 22, the frequency of high-frequency power is not restricted to this, either. moreover, you may differ, even if the frequency of the high-frequency power impressed to the solid-state maintenance base 22 is the same as the frequency of the high-frequency power impressed to the sample maintenance base 11, and when a frequency is the same, it is good even if common in the 1st RF generator 19 and 2nd RF generator 28. Furthermore, naturally about the flow rate of the rare gas introduced into the vacuum tub 10, or source gas, and the degree of vacuum of the vacuum tub 10, it is set as the optimal thing with the configuration and magnitude of the vacuum tub 10.

[0079] It explains referring to drawing 3 about the impurity installation equipment concerning the 2nd operation gestalt of this invention hereafter.

[0080] Since the impurity installation equipment concerning the 2nd operation gestalt is fundamentally the same in the impurity installation equipment concerning the 1st operation gestalt, about the same member, explanation is omitted by attaching the same sign.

[0081] As a description of the impurity installation equipment concerning the 2nd operation gestalt, it is not prepared, but the impurity adhesion base 30 to which it becomes from a metal or an insulating material, and an impurity adheres is formed instead, and the impurity film 31 which consists of boron deposits the solid-state maintenance base 22 holding an impurity solid-state by the approach of mentioning later on this impurity adhesion base 30. The 2nd changeover switch 26 is connected to the impurity adhesion base 30, this 2nd changeover switch 26 connects the impurity adhesion base 30 to 2nd RF generator 28 through the 2nd capacitor 27, and the impurity adhesion base 30 can be used as cathode, or it can make [it can ground the impurity adhesion base 30 and] the impurity adhesion base 30 an anode plate.

Moreover, between the solid samples 12 and the plasma fields 18 which were held on the sample maintenance base 11, the shutter 32 which makes open it for free passage or intercepts between both is formed. In addition, in drawing 3, the broken line shows the shutter 32 on account of illustration.

[0082] Hereafter, it explains, referring to drawing 3 about the 4th impurity installation approach. The 4th impurity installation approach is the case where the impurity maintenance base 30 is also used as cathode to the plasma while it is performed using the impurity installation equipment concerning the 2nd operation gestalt and uses the sample maintenance base 11 as cathode to the plasma.

[0083] First, where it closed the shutter 32 and between the sample maintenance base 11 and the plasma fields 18 is intercepted, the reduced pressure pump 13 is driven and the interior of the vacuum tub 10 is maintained at the degree of vacuum of abbreviation 5×10^{-3} Torr. Moreover, the 2nd changeover switch 26 is operated, 13.56MHz high-frequency power is impressed to the solid-state maintenance base 22 through the 2nd capacitor 27 from 2nd RF generator 28, and the solid-state maintenance base 22 is used as cathode.

[0084] (Next, the gas H6 which contains an impurity from the source gas feed 14, for example, DIBORAN B-2, While supplying 50 cc/m in the vacuum tub 10 and guiding 2.45GHz microwave from a microwave waveguide 15, a magnetic field is excited with an electromagnet 17, and it is 2 about 2.5mA/cm. Plasma current density is generated.) When it does in this way, it is B-2 H6. It plasma-izes, boron ion advances toward the impurity adhesion base 30, and the impurity film 31 which consists of boron accumulates on the impurity adhesion base 30.

[0085] In addition, in the aforementioned case, it is B-2 H6. Although it is low temperature more and the impurity film 31 is formed at high effectiveness since the becoming plasma was generated B-2 H6 Even if it does not generate the becoming plasma, it is B-2 H6 from the source gas feed 14. If it supplies in the vacuum tub 10, the impurity film 31 which consists of boron can be deposited on the impurity adhesion base 30 like the usual CVD method.

[0086] Next, after discharging the gas containing the hydrogen in the vacuum tub 10, a shutter 32 is opened and between the sample maintenance base 11 and the plasma fields 18 is opened for free passage. Then, while driving the reduced pressure pump 13 and maintaining the interior of the vacuum tub 10 at the degree of vacuum of abbreviation 4×10^{-4} Torr, the temperature of the sample maintenance base 11 is kept at about 10 degrees C with the temperature control means built in the sample maintenance base 11.

[0087] Like the 1st impurity installation approach using the impurity installation equipment applied to the 1st operation gestalt in this condition, while introducing Ar gas ten cc/m from the rare-gas feed 20 and guiding 2.45GHz microwave from a microwave waveguide 15, a magnetic field is excited with an electromagnet 17, and they are about 2.5 mA/cm². Plasma current density is generated and the plasma field 18 is made to generate Ar plasma. Next, while operating the 1st changeover switch 25, impressing 13.56MHz high-frequency power to the impurity adhesion base 30 through the 1st capacitor 20 from 1st RF generator 19 and using the impurity adhesion base 30 as cathode, the 2nd changeover switch 26 is operated, 13.56MHz high-frequency power is impressed to the impurity adhesion base 30 through the 2nd capacitor 27 from 2nd RF generator 28, and the solid-state maintenance base 22 is used as cathode. Thereby, the impurity adhesion base 30 acts as cathode to the plasma, and, as for the impurity adhesion base 30, about 500v potential falls to Ar plasma. Ar ion in Ar plasma collides with the impurity film 31 violently according to this potential difference, and the boron contained in the impurity film 31 is mixed into Ar plasma according to a sputtering phenomenon at high concentration. The boron diffused in Ar plasma at homogeneity and high concentration is introduced by the potential difference of about 700 V between a solid sample 12 and Ar plasma near the surface section of a solid sample 12.

[0088] According to the aforementioned impurity installation approach, boron is introduced near the surface section of a solid sample 12 like the result shown in drawing 2.

[0089] Moreover, according to this impurity installation approach, it is B-2 H6. Since there is little hydrogen introduced into a solid sample 12 compared with the case where use and it dopes directly, the problem that a lattice defect arises in a solid sample is avoidable.

[0090] It explains referring to drawing 4 and drawing 5 about the manufacture approach of a semiconductor device of having the diode hereafter performed using each impurity installation approach mentioned above.

[0091] First, as shown in drawing 4 (a), after forming the component detached core 51 in the predetermined field on the semi-conductor substrate 50, the semi-conductor substrate 50 is made to hold on the solid-state maintenance base 11 in the impurity installation equipment concerning the 1st or 2nd operation gestalt.

[0092] Next, as the plasma 52 which consists of an impurity is generated near the semi-conductor substrate 50 and it is shown in drawing 4 (b) by the 1st or 4th impurity installation approach mentioned above, the impurity layer 53 is formed near the surface section of the semi-conductor substrate 50.

[0093] Next, as shown in drawing 5 (a), the insulator layer 54 which continues on the semi-conductor substrate 50 on the whole surface, for example, consists of silicon oxide by the CVD method etc. is deposited on 500nm thickness. Then, suitable heat treatment, for example, heat treatment for [it can set under the temperature of 1000 degrees C] 10

seconds, may be performed, and impurity distribution of the impurity layer 53 may be controlled.

[0094] Next, as shown in drawing 5 (b), after forming opening 54a in an insulator layer 54 using the photolithography method and the etching method, a monolayer or a multilayer metal membrane is deposited on the whole surface, and the metal wiring layer 55 which gives and carries out patterning of the photolithography method and the etching method to this metal membrane, and consists of said metal membrane is formed after that.

[0095] In addition, although the comparatively deep and high-concentration impurity layer 53 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 50 in the manufacture approach of a semiconductor device of having the aforementioned diode since the 1st or 4th impurity installation approach was used If the introductory approach of the 2nd impurity is used, the shallow and high-concentration impurity layer 53 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 50, and if the introductory approach of the 3rd impurity is used, the shallow and low-concentration impurity layer 53 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 50. Thus, it cannot be overemphasized that it is possible for the so-called bipolar component to be created by technique, such as to accumulate the formed impurity layer.

[0096] It explains referring to drawing 6 and drawing 7 about the manufacture approach of a semiconductor device of having CMOS hereafter performed using the 1st or 4th impurity installation approach mentioned above. In addition, the case where the 1st impurity installation approach is used for below for convenience is explained.

[0097] First, as shown in drawing 6 (a), after forming the component isolation region 61 between the PMOS fields and NMOS fields on the semi-conductor substrate 60, gate dielectric film 62 and the gate electrode 63 are formed in a PMOS field and an NMOS field, respectively, and the 1st resist pattern 64 which has opening and consists of novolak resin, a poly vinyl phenol, etc. is formed in a PMOS field after that.

[0098] In this condition, after making the semi-conductor substrate 60 hold on the solid-state maintenance base 11 in the impurity installation equipment concerning the 1st or 2nd operation gestalt, it introduces using the 1st impurity installation approach, the impurity, for example, the boron, of P type. That is, after laying the impurity solid-state 21 which uses boron as a principal component on the solid-state maintenance base 22, inert gas, for example, Ar gas, is introduced from the rare-gas feed 14, the Ar plasma 65 is generated and boron is introduced into the surface section of the semi-conductor substrate 60. While the conditions in this case guide the microwave whose frequency is 2.45GHz by the power of about 500 W, a frequency impresses the high-frequency power whose power is about 300W by 13.56MHz, respectively to the sample maintenance base 11 and the solid-state maintenance base 22. Moreover, the degree of vacuum in the vacuum tub 10 at the time of introducing Ar gas was maintained at abbreviation 3×10^{-4} Torr. Of the exposure of the plasma, the natural oxidation film of the front face of the semi-conductor substrate 60 was removed, clarification and the activity surface section were exposed, and the impurity layer 66 of boron was formed in this surface section.

[0099] Next, as shown in drawing 6 (b), after removing the 1st photoresist 64, the 2nd resist pattern 67 which has opening is formed in an NMOS field, and after laying the impurity solid-state 21 which uses as a principal component, the impurity, for example, the arsenic, of N type, on the solid-state maintenance base 22, the impurity layer 68 of arsenic is formed in the NMOS field of the surface section of the semi-conductor substrate 60 on the same conditions as the above.

[0100] Next, as shown in drawing 7 (a), the insulator layer 70 which covers the whole surface and consists of a CVD oxide film etc. on the semi-conductor substrate 60 is deposited on 500nm thickness. Then, **** for [it can put under suitable heat treatment, for example, the temperature of 1000 degrees C, to the semi-conductor substrate 60] 10 seconds may be performed, and impurity distribution of the impurity layers 66 and 68 may be controlled. Next, the photolithography method and the etching method are given to an insulator layer 70, and opening 70a is formed in an insulator layer 70.

[0101] Next, as shown in drawing 7 (b), after continuing and depositing a monolayer or a multilayer metal membrane on the whole surface, the photolithography method and the etching method are given to this metal membrane, a metal membrane is patternized, and the metal wiring layer 72 is formed.

[0102] In addition, in order to keep good the electric contact to the impurity layers 66 and 68 and the metal wiring layer 72 in opening 70a of an insulator layer 70, suitable impurity distribution may be formed in the impurity layers 66 and 68 which constitute the contact section using the so-called ion-implantation. In this case, in a PMOS field, it is $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ of doses at energy 15keV about boron. An ion implantation is carried out and it is $3 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ of doses at energy 30keV about arsenic in an NMOS field. An ion implantation can be carried out. But since these impregnation conditions change sharply with designs of the semiconductor device to produce, it cannot be overemphasized that a suitable setup is the need.

[0103] In addition, although the comparatively deep and high-concentration impurity layers 66 and 68 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 60 in the manufacture approach of a semiconductor device of having aforementioned CMOS since the 1st impurity installation approach was used If the shallow and high-

concentration impurity layers 66 and 68 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 60 if the introductory approach of the 2nd impurity is used, and the introductory approach of the 3rd impurity is used. The shallow and low-concentration impurity layers 66 and 68 can be formed near the surface section of the semi-conductor substrate 60.

[0104] In addition, in each aforementioned impurity installation approach and the manufacture approach of each semiconductor device, although the impurity introduced although boron was introduced as an impurity was not restricted to boron, arsenic, phosphorus, aluminum, or antimony could be introduced and Ar gas was used as inactive or reactant gas, as inactive or reactant gas, it is not restricted to Ar gas, but nitrogen gas etc. can be used.

[0105]

[Effect of the Invention] According to the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 1, high concentration mixes into the plasma which sputtering of the impurity contained in an impurity solid-state is carried out efficiently, and consists of inactive or reactant gas. Since high-concentration impurity ion is introduced into the surface section of a solid sample in order that the high-concentration impurity ion mixed into the plasma may advance toward a solid sample with big energy A high-concentration impurity layer can be formed with high safety, without making the surface section of a solid sample produce a lattice defect in a solid sample.

[0106] According to the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 2, high concentration mixes into the plasma which sputtering of the impurity contained in an impurity solid-state is carried out efficiently, and consists of inactive or reactant gas. Since high-concentration impurity ion is introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample in order that the high-concentration impurity ion mixed into the plasma may advance toward a solid sample with small energy A high-concentration impurity layer can be formed in the field very near the front face in the surface section of a solid sample with high safety, without making a solid sample produce a lattice defect.

[0107] According to the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 3, low concentration mixes into the plasma which sputtering of the impurity contained in an impurity solid-state is carried out comparatively few, and consists of inactive or reactant gas. Since low-concentration impurity ion is introduced into the field very near the front face in the surface section of a solid sample in order that the low-concentration impurity ion mixed into the plasma may advance toward a solid sample with small energy A low-concentration impurity layer can be formed in the field very near the front face in the surface section of a solid sample with high safety, without making a solid sample produce a lattice defect.

[0108] According to the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 4, high concentration mixes into the plasma which sputtering of the impurity contained in the impurity film deposited on the impurity adhesion means is carried out efficiently, and consists of inactive or reactant gas. Since high-concentration impurity ion is introduced into the surface section of a solid sample in order that the high-concentration impurity ion mixed into the plasma may advance toward a solid sample with big energy A high-concentration impurity layer can be formed without making the surface section of a solid sample produce a lattice defect in a solid sample.

[0109] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 8, the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 1 which forms a high-concentration impurity layer with high safety can be realized certainly, without making the surface section of a solid sample produce a lattice defect in a solid sample.

[0110] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 9, the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 2 which forms a high-concentration impurity layer in the field very near the front face in the surface section of a solid sample with high safety, without making a solid sample produce a lattice defect is certainly realizable.

[0111] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 10, the introductory approach of the impurity concerning invention of claim 3 which forms a low-concentration impurity layer in the field very near the front face in the surface section of a solid sample with high safety, without making a solid sample produce a lattice defect is certainly realizable.

[0112] Since according to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 11 an electrical potential difference from which an impurity solid-state becomes a solid-state maintenance means with cathode to the plasma can be impressed or an electrical potential difference which serves as an anode plate to the plasma can be impressed, high concentration can be made to be able to mix the impurity contained in an impurity solid-state into the plasma which consists of inactive or reactant gas, or it can be made to mix in low concentration.

[0113] Since according to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 12 an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with cathode to the plasma can be impressed or an electrical potential difference which serves as an anode plate to the plasma can be impressed, the depth of the impurity layer formed in the surface section of a solid sample is controllable.

[0114] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 13, without making the surface section of a solid sample produce a lattice defect in a solid sample, the impurity installation approach which forms a high-concentration impurity layer can be realized, even if it does not prepare an impurity solid-state.

[0115] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 14, without making the field very near the front face in the surface section of a solid sample produce a lattice defect, the impurity installation approach which forms a high-concentration impurity layer can be realized, even if it does not prepare an impurity solid-state.

[0116] According to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 15, without making the field very near the front face in the surface section of a solid sample produce a lattice defect, the impurity installation approach which forms a low-concentration impurity layer can be realized, even if it does not prepare an impurity solid-state.

[0117] Since according to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 16 an electrical potential difference from which the impurity film becomes an impurity adhesion means with cathode to the plasma can be impressed or an electrical potential difference which serves as an anode plate to the plasma can be impressed, high concentration can be made to be able to mix the impurity contained in the impurity film into the plasma which consists of inactive or reactant gas, or it can be made to mix in low concentration.

[0118] Since according to the introductory equipment of the impurity concerning invention of claim 17 an electrical potential difference from which a solid sample becomes a sample maintenance means with cathode to the plasma can be impressed or an electrical potential difference which serves as an anode plate to the plasma can be impressed, the depth of the impurity layer formed in the surface section of a solid sample is controllable.

[0119] Since an impurity can be introduced into the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate at high concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 20, the diode which has a high-concentration impurity layer in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.

[0120] Since an impurity can be introduced into the field very near the front face in the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate at high concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 21, the diode which has a high-concentration impurity layer to the field very near the front face in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.

[0121] Since an impurity can be introduced into the field very near the front face in the surface section of the diode formation field in a semi-conductor substrate at low concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 22, the diode which has a low-concentration impurity layer to the field very near the front face in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.

[0122] Since an impurity can be introduced into the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate at high concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 23, the transistor which has a high-concentration impurity layer in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.

[0123] Since an impurity can be introduced into the field very near the front face in the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate at high concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 24, the transistor which has a high-concentration impurity layer to the field very near the front face in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.

[0124] Since an impurity can be introduced into the field very near the front face in the surface section of the transistor formation field in a semi-conductor substrate at low concentration according to the manufacture approach of the semiconductor device concerning invention of claim 25, the transistor which has a low-concentration impurity layer to the field very near the front face in the surface section of a semi-conductor substrate can be formed with high safety, without making a semi-conductor substrate produce a lattice defect.